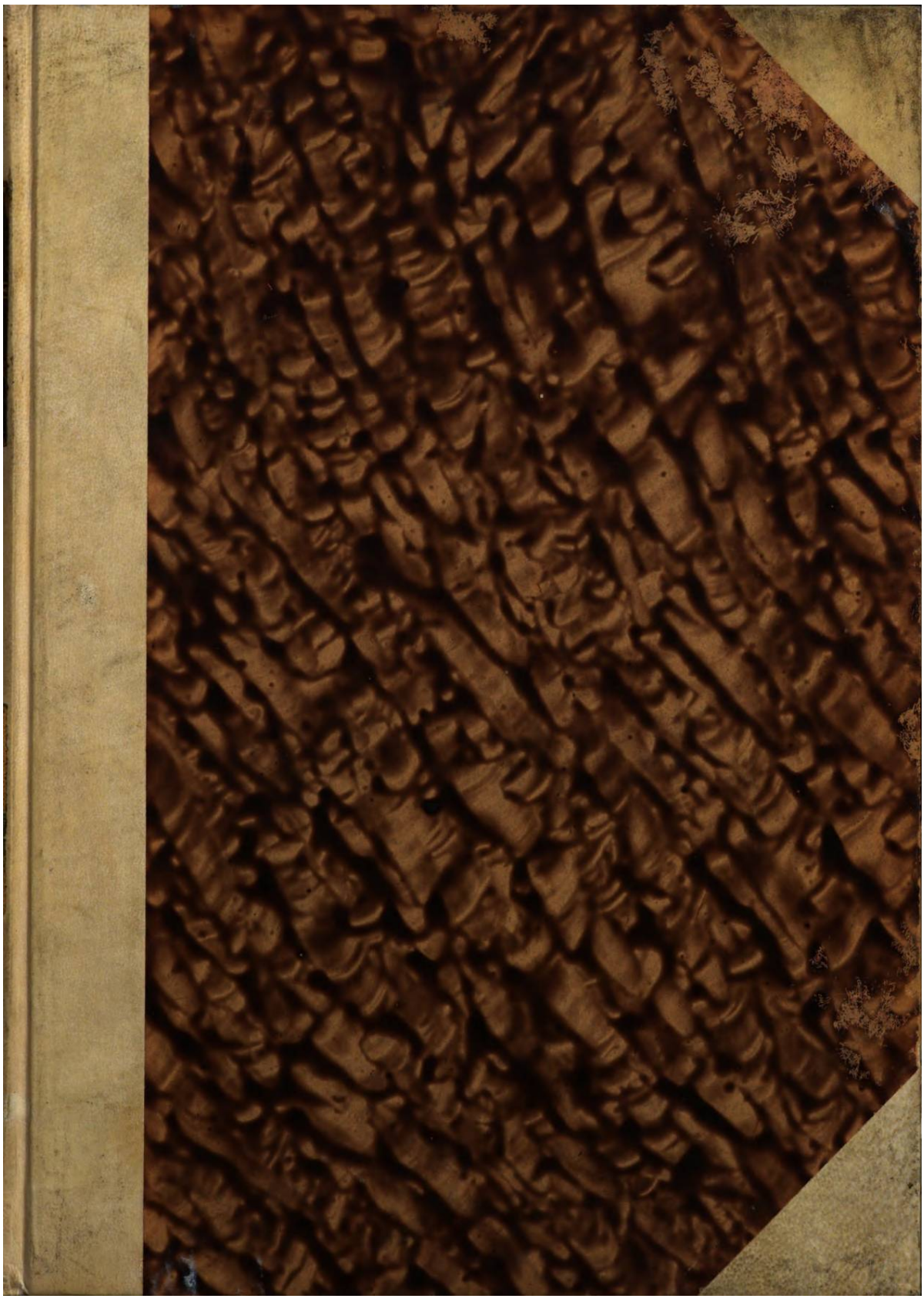
Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma



Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

INDICE DEGLI AUTORI

I nomi degli Autori in maiuscoletto si riferiscono a scritti originali, quelli in corsivo a recensioni (A) comunicazioni; (V) verbali; (L) lettere alla redazione; (r) recensione di libri; (d r) dalle riviste. Le pagine dei Sunti e Sommari hanno una numerazione propria costituita da un numero seguito dalla lettera D.

ALBENGA G. - PERRUCCA E. — Dizionario tecnico-industriale (r) . . . 48
Almers H. — Cabine di trasformazione ausiliarie . . **59 D**
Almers H. - Schnaus G. — Sul problema della sezione dei conduttori . . . 48 D
AMERIO A. - NOZARI M. — Esercitazioni di fisica (r) 174
Angele. — Reinserzione automatica . . . 52 D
Annaheim J. — Locomotive Diesel-elettriche per la Tailandia . . . 19 D
Anschütz H. — Disposizioni di inserzione e di protezione negli impianti di raddrizzatori . . . 81 D
ARDEMANI E. — Costi e risultati di esercizio nelle grandi imprese meccaniche a produzione varia (r) 147
ARMELLINI G. — Lezioni di Meccanica razionale per ingegneri (r) . . . 200
Arredi F. — Dighe ad arco-gravità . . . 3 D
— Calcolo delle dighe ad arco-gravità . . . 12 D
Augier J. — Convertitori raddrizzatori ad altissima tensione . . . 63 D
August G. — Regolazione di frequenza e di carico 58 D
— Regolazione di carico e di frequenza nelle reti 59 D

BALMAS A. — La inserzione delle macchine da saldare a resistenza (d. r.) . . . 49
Baranov N. — Formule dell'induttanza mutua fra due doppini paralleli . . . 88 D
BARBAGELATA A. — Le nuove norme sperimentali per la verifica dei complessi di misura dell'energia elettrica (A) . . . 247
BARELLO G. — Alternatori a media ed alta frequenza (A) . . . 206
BARTOLI I. - MASI F. — Conoscere l'acciaio (r) . . 175
Bauer B. — La pompa di calore . . . 29 D
— La pompa di calore e la sua teoria fisica . . . 39 D
Baumann A. — Grandi impianti di pompe di calore 47 D
Bayard M. — Sulla propagazione delle onde lungo le linee . . . 88 D
BENEVENTANI E — A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica (L) . . . 96
Bente G. — Misura a distanza . . . 55 D
BIANCHI V. — Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (L) . . . 45
— Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (L) . 70
BIDDEL AIRY G. — Gravitazione (r) . . . 174
Blaich E. — Sul funzionamento in parallelo della macchina per illuminazione e della batteria negli autoveicoli . . . 59 D
Blondet M. — Velocità di slittamento dei motori di trazione . . . 92 D
Böhm J. — La trasmissione del calore nel campo di passaggio dalla corrente laminare a quella turbolenta . . . 26 D
Böhm O. — Ricerche sugli ugelli delle Pelton . . 17 D
BONFIGLI. — Manuale logaritmico completo del tecnico ad uso del tecnico (r) . . . 221
Borel W. - Kessler W. — Dinamometro Oerlikon . . 65 D
Bornitz E. — Regolazione nelle reti per mezzo di trasformatori e condensatori regolabili . . . 57 D
Bothe W. — Il ciclotrone . . . 25 D
Bottier R. — Forni nella fabbricazione dei vari acciai speciali . . . 87 D
Brunner G. — Essiccatore con ricupero di calore . 46 D
Bruno F. — Studio sui circuiti oscillanti . . . 6 D
Buchwald H. C. — Impianti di telefoni di servizio . . . 91 D
Bürklin A. — Blocchi di fondazione dei pali . . . 34 D
BÜSCHER G. — Elettrotecnica figurata (r) . . . 173
Büttikofer U. V. — Campi di applicazione di impianti di termopompe . . . 39 D

Callegari N. — La rivelazione di ostacoli a distanza 50 D
CAMBI F. — I trattamenti delle acque e l'elettrotecnica (V) . . . 179
Canaan H. F. - Lell J. — Trenta anni della turbina Kaplan . . . 74 D
CANTÙ A. — Sulla unificazione delle tensioni (L) . . 198
Cardini C. — Automatismi nelle centraii e nelle cabine presidiate . . . 5 D
CARLSON P. — La Fisica di Carlson (r) . . . 146
Carlstein O. — Apparecchio equilibratore per rotori 89 D
Carpentier H. — Le fondazioni dei pali . . . 70 D
Ceccaldi M. - Tournier M. — Applicazione del calcolo tensoriale all'elettrotecnica . . . 63 D
Cereseto A. - Tavasci B. — La corrosione dei calcestruzzi . . . 6 D
CERRETELLI B. — Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (L) . . . 46
— Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (L) 69
— Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (L) 71
Chamayou H. — Elettrificazione delle ferrovie francesi . . . 76 D
CHISINI O. — Esercizi di geometria analitica e proiettiva (r) . . . 222
CISOTTI U. — Meccanica razionale (r) . . . 146
Colberg H. — Progetto di telecomunicazioni in nuove costruzioni . . . 92 D
COLLA P. M. — Il Ciclotrone (A) . . . 19-40
CORREGGIARI F. — Sulla prova di corto circuito dei trasformatori (A) . . . 67
COSTADONI C. — Nuove possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica (A) 54-81
— Raddrizzatore RVS 601/6 . . . 71 D
Critschfield R. M. - Crouse W. H. — L'apparecchiatura elettrica delle automobili americane . . . 68 D
Crivellari G. — Sovratensioni a media e bassa frequenza nei trasformatori . . . 8 D
— Conversazione elettroatomica (V) . . . 271
Crouse W. H. - Critschfield R. M. — L'apparecchiatura elettrica delle automobili americane . . . 68 D

DANUSSO A. — Scienza delle costruzioni (r) . . . 222
DEAGLIO R. — A proposito del Ferrital (L) . . . 121
Dennhart A. — Comunicazioni nelle imprese elettriche . . . 56 D
— Comunicazioni nelle imprese elettriche . . . 57 D
de Quervain A. — Filtri di banda per onde ultracorte . . . 42 D
Di Roberto P. P. — Orientamenti dei radioricevitori 91 D
DI VITO G. — Richiusura istantanea e motori asincroni (V) . . . 122
— Motori asincroni e richiusura istantanea (A) . . 230
Domenach L. — Sovraccarico dei cavi sotterranei . 80 D
Döring H. - Hess H. — Fresatrice per incastellature di locomotive . . . 9 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

DURRER R. — Trattamento siderurgico dei minerali di ferro con particolare riferimento ai processi indipendenti dall'alto forno a coke (r) 146

Egli M. — Termopompe dell'Ospedale di Zurigo . . 39 D
Eisert J. — Servizio continuo; un problema di impianto . . . . . 56 D
Elsner R. — La sicurezza nei moderni trasformatori ad alta tensione . . . . . 17 D

FAGGIANI D. — Introduzione alla termodinamica tecnica (r) 221
Filipponi A. — Una nuova realizzazione della CGE nel campo dell'elettroacustica . . . . . 82 D
FREDIANI U. — Gruppi turbo generatori Ljungström (V) 225
Frey E. — La lampada a bassa tensione . . . . 72 D
Frymann H. — Energia nella Svizzera . . . . . 51 D
Frölich W. L. — Essiccazione dell'erba per via elettrica . . . . . 46 D

Gantenbein A. - Jouckle J. — Il sincronizzatore ultrarapido . . . . . 61 D
GARELLI C. M. — Abbagliamento ed uniformità del campo abbagliante (A) 268
Gatto G. — Neutro a terra o neutro isolato? . . . 18 D
GAZZANIGA L. — Il libro delle filettature (r) . . . 175
Gebauer W. — Il carico sulle reti costituito da comandi a corrente continua alimentati attraverso raddrizzatori . . . . . 2 D
— Punte di carico da parte di grandi utenze . . . . 66 D
Geissler A. — Avviamento di corpi ruotanti . . . . 28 D
Gerber H. — La taratura dei manometri . . . . . 16 D
Gerber W. - Meyer de Stadelhofen J. — Disturbi alle radioaudizioni dovuti alle filovie . . . . . 68 D
GIACOMONI A. — Ancora sull'unificazione delle tensioni (L) 26
Giermann H. — Un misuratore di tempi brevi . . 56 D
Gietz-Hedström S. — Grandi dighe e impiego di cementi speciali . . . . . 12 D
Glage W. — Dispositivi per saldatura autogena . . 78 D
GOETSCH H. — Tecnica delle telecomunicazioni (r) . 173
Goldstein J. — I riduttori di misura nella centrale di Verbois . . . . . 84 D
Gouffé A. - Waguet P. — Sulla spettrofotometria . 88 D
Gregorig R. — Sugli afflussi ai bacini idrografici . . 12 D
Grossen M. — Impianti di essiccazione di erba . . 45 D
Grünwald E. — La resistenza di conduttori di acciaio . . . . . 10 D
GUARINI E. — La refrigerazione e il ricupero del calore perduto (r) 174
Guazzoni M. - Muneghina G. — Realizzazioni della C.G.E. nel campo delle centrali elettriche . . . 14 D
Guiner A. — La radiologia industriale . . . . . 78 D
Gürtler P. — Custodie dei contatori . . . . . 90 D
GUZZONI G. — Gli acciai comuni e speciali (r) . . 199

Haase C. — Corrosione dei cavi . . . . . 80 D
Hafner H. — Carico monofase di una rete trifase e la sua compensazione statica . . . . . 19 D
— Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica . . . . . 66 D
— Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica . . . . . 67 D
Hayer K. — Funzionamento in parallelo delle macchine a corrente continua nei veicoli . . . . 19 D
HARLAN TRUE STETSON — Terra e Radio nel Cosmo (r) 146
Harms — Trattazione delle macchine sincrone col sistema unitario . . . . . 26 D
Hess H. - Döring H. — Fresatrice per incastellature di locomotive . . . . . 9 D
Himmelgerb G. — Laminatoi reversibili con raddrizzatori a vapore di mercurio . . . . . 25 D
Hofstetter A. — Curve di carico e richiesta nel dopo guerra . . . . . 43 D
Högger D. — Il tremolio di parti mobili alla luce di lampade a scarica . . . . . 27 D
Holm R. — Durata dell'arco di apertura e influenza della capacità del circuito . . . . . 21 D
Höltje H. — Il forno elettrico nella tempera . . . 35 D

Jaeger Ch. — Centrale addossata alla diga . . . . 5 D
Janicki W. — Elettricità e sport . . . . . 86 D
Jouckle J. - Gantenbein A. — Il sincronizzatore ultrarapido . . . . . 61 D

Kaiser F. — Osservazioni di esercizio sui cavi ad alta tensione . . . . . 79 D
Karbn H. — Energia nella produzione delle fibre artificiali . . . . . 40 D
Kästlin R. — Scomposizione di serie statistiche e applicazione alle statistiche svizzere . . . . . 7 D
Keller G. — Riscaldatore elettrico di secchioni di colata . . . . . 62 D
Kessler W. - Borel W. — Dinamometro Oerlikon . . 65 D
Kind A. — La produzione di acidi da parte dei funghi . . . . . 71 D
Kitten H. — Linee telefoniche sulle palificazioni delle linee ad alta tensione . . . . . 57 D
Kneissler-Maixdorf — Teoria della macchina unipolare . . . . . 26 D
Knorr F. — Magli elettro pneumatici a vapore o ad aria compressa . . . . . 23 D
Köchli W. - Oertli H. — La linea a 150 kV Innertkirchen-Mühleberg . . . . . 67 D
Köster E. — Apparecchiatura per le trebbiatrici . . 9 D
Kratochvil S. — Misure di perdita di carico in una corta tubazione . . . . . 11 D
— Perdita di carico nelle saracinesche . . . . . 11 D
Krohne E. — La questione del sistema per le ferrovie elettriche . . . . . 67 D
Kropf A. — Forno da fusione a grafite . . . . . 21 D

LAMPIS C. — Sulla progettazione degli impianti idroelettrici ad alta caduta e piccola portata ad uso di industrie proprie (A) 254
Lavet M. — Gli orologi di commutazione . . . . 70 D
LEARDINI T. — Note sui trattamenti e sulla rigenerazione degli oli isolanti (A) 193
Lefévre J. — Abaco universale per la tensione all'estremità di una linea . . . . . 66 D
Lehmann G. — Trasformazione di condutture a media tensione ad una tensione superiore . . . . 58 D
Lehne Th. — Materie prime tedesche nella costruzione di cavi . . . . . 48 D
Lell J. - Canaan H. F. — Trenta anni della turbina Kaplan . . . . . 74 D
Leroy L. — Rilievo delle caratteristiche di sonda di un mutatore . . . . . 81 D
Leroy R. — Sincronizzazione rapida nella centrale di Verbois . . . . . 85 D
Leukert W. — Il raffreddamento con idrogeno . . 82 D
Lindemann H. I. — Riscaldamento di ambienti mediante pannelli . . . . . 62 D
Lippe W. — Carica delle batterie per illuminazione di segnalazione . . . . . 77 D
— Carica automatica delle batterie (d. r.) 147
Loeb J. — Circuito per ridurre le oscillazioni delle lampade a scarica . . . . . 63 D
LOMBARDI L. — A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica (L) 96

Machill R. — La radiodiffusione russa . . . . . 75 D
Maixdorf-Kneissler — Teoria della macchina unipolare . . . . . 26 D
Mayr O. — Arco elettrico e sua interruzione . . . 3 D
Malandrone I. — Forze endogene . . . . . 55 D
— Forze endogene . . . . . 74 D
MALDOTTI B. — Elementi di meccanica applicata alle costruzioni (r) 26
Marchetti A. — Perdite di carico nelle condotte Dalmine . . . . . 4 D
Marder Fr. — Carico di cucine elettriche . . . . 33 D
MASI F. - BARTOLI I. — Conoscere l'acciaio (r) . . 175
MASOTTI BIGGIOGERO G. — Lezioni di geometria proiettiva (r) 175
Massarelli F. — Registrazione di pellicole sonore . . 87 D
MATERNINI M. — Di un nuovo miglioramento negli accumulatori elettrici al piombo (A) 166
MAURO F. — Industrie e Ubicazioni (r) 47

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Medici M. — Ricerche su modelli di turbine idrauliche . . . 7 D
Meyer H. — Vibrazioni di vecchi conduttori . . 33 D
Meyer Kd. — Sfruttamento del Tennessee . . . . 55 D
Meyer de Stadelhofen J. - Gerber W. — Disturbi alle radioaudizioni dovuti alle filovie . . . . . 68 D
Melan H. — Turbine ad alta pressione . . . . . 36 D
MELONE M. — Considerazioni sulla unificazione delle tensioni (A) 78
— Macchine elettriche rotanti di costruzione antideflagranti (A) 137
Melzer K. — Circuiti a scatto con tubi elettronici . 83 D
Meuche H. E. — Essiccatore per foraggi, con ricupero di calore . . . . . 38 D
MONTÙ E. — Radiotecnica (r) 72
Mörs W. — Diminuzione delle perdite nei fumi . . 15 D
— Misure in un impianto di pompe . . . . . 22 D
Moser J. — Aumento della potenza delle centrali idrauliche . . . . . 49 D
Müller C. H. — Il primo trasporto di energia a corrente trifase . . . . . 15 D
Müller H. — Ricerche con una copertura di forno ad arco . . . . . 22 D
Muneghina G. - Guazzoni M. — Realizzazioni della C.G.E. nel campo delle centrali elettriche . . . 14 D

Naef O. — Un nuovo relé . . . . . 61 D
Nagel H. — Trebbiatura elettrica . . . . . 37 D
Niethammer F. — Lo sfasamento nella taratura dei wattmetri e dei contatori . . . . . 74 D
NOZARI M. - AMERIO A. — Esercitazioni di fisica (r) 174

Obenaus F. — L'isolatore a lunga asta . . . . . 54 D
OCCHIALINI A. — Il ferromagnetismo (V) 270
Ochsner A. — Comando per macchine a stampare . 62 D
Oehrl W. — Misure di frequenza a lettura diretta . 6 D
Oertel F. — L'albero elettrico . . . . . 79 D
Oertli H. - Köchli W. — La linea a 150 kV Innertkirchen-Mühleberg . . . . . 67 D
Oetiker E. — Essiccatoio a tamburo . . . . . 45 D
ORSI A. — Caldaie elettriche (A) 155

PANSERI C. — L'alluminio e le sue leghe (r) . . . 221
PAOLUCCI A. — L'unificazione delle frequenze (L) . 248
PAPP D. — Chi vive sulle stelle? (r) 200
PARONELLI F. — L'universo è finito o infinito? (r) . 200
Pascucci A. — Moderni oscillatori di audiofrequenza 50 D
PASTONESI G. — Elementi di calcolo per macchinario per impianti chimici (r) 72
Pechal E. — Impianto di produzione di gas con depuratore elettrico . . . . . 31 D
Pedrazzini M. — Diga provvisoria . . . . . 27 D
PERRUCCA E. - ALBENGA G. — Dizionario tecnico-industriale (r) 48
Peter R. — Convenienza degli impianti di termopompe . . . . . 48 D
— Problemi di sviluppo e di convenienza degli impianti di pompe di calore (d.r.) 222
Pferr W. — Sviluppo delle filovie . . . . . 20 D
— La elettricità nel traffico . . . . . 60 D
Pidoux I. — Scaricatori per corrente continua . . 61 D
Piller L. — Grandi essiccatoi di erba . . . . . 37 D
POLETTINI A. — Impianti elettrici (r) 48
Puppini U. — Equazione del regime permanente . . 5 D
Putz W. — Avvolgimenti smorzatori . . . . . 83 D

Rauch A. — Aumento della potenza di piccoli impianti . . . . . 41 D
REGÈ A. — Caratteristiche elettriche e magnetiche di un nuovo tipo di ferro tecnicamente puro « Il ferrital » e sue possibilità di impiego nelle costruzioni elettromagnetiche (A) 29
REGOGLIOSI P. — La schermatura nelle misure balistiche su condensatori (A) 126
Reindl C. — L'aumento di potenza di impianti idroelettrici . . . . . 13 D
RESTELLI F. — Marconi e Ferraris nella toponomastica cittadina (L) 172
RICCI E. — Il segreto della propulsione a reazione (r) 248
Richard Ch. — Linee a 150 kV delle Forces Motrices Bernoises . . . . . 44 D
Ringwald F. — Impianti di essiccazione dell'erba . 38 D
— Illuminazione dei pollai . . . . . 69 D
Ritterhaussen Ad. — Produzione di gas d'acqua con riscaldamento elettrico . . . . . 30 D
Roesgen M. — Il dispositivo di misura della sottostazione di Verbois . . . . . 64 D
Rollard P. F. — La nuova stazione del Service de l'Electricité di Ginevra . . . . . 73 D
— La nuova sottostazione di collegamento e di distribuzione « Centrale termica » del Service de l'Electricité di Ginevra (d. r.) 175
ROSSI M. — Attrezzature meccaniche e lavorazioni moderne per la produzione in serie (r) 174
— Stampaggio a freddo delle lamiere (r) 222
Roth A. — Il sistema *undaer* . . . . . 37 D
Routin J. L. — Accumulazione del calore negli apparecchi domestici . . . . . 61 D
RUTELLI G. — Contributo alla teoria ed alla calcolazione degli ohmmetri (A) 114

SALMOIRAGHI A. — Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori (V) 51
— Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori (A) 102
Savagnone V. — Reinserzione degli interruttori . . 18 D
Scarpa O. — Pile con forze elettromotrici apparentemente maggiori delle teoriche . . . . . 2 D
— Tensione utile delle pile per lampadine . . . 2 D
— Pile con forza elettromotrice apparentemente minore della teorica . . . . . 10 D
Schaper G. — Trasmissione di calore nei focolari a polverino . . . . . 90 D
Schiebeler C. — 50 anni di apparecchi elettrici di sollevamento . . . . . 31 D
Schlicke H. — Adattamento dei focolari a combustibili ricchi di umidità e di ceneri . . . . . 42 D
Schnaus G. - Almers H. — Sul problema della sezione dei conduttori . . . . . 48 D
Schulthess H. — Le macchine ausiliarie della centrale di Innertkirchen . . . . . 15 D
Schulze W. — Tecnica del vuoto nel campo delle correnti forti . . . . . 24 D
Schwab P. — Essiccatore a nastro . . . . . 38 D
Schwenkhagen H. — Voltmetro elettrostatico a induzione . . . . . 16 D
SEASSARO E. — Una ferrovia metropolitana di cintura in sostituzione della filovia circolare esterna (L) 120
— Per un esperimento di « elettrificazione stradale » Milano-Paullo-Crema (L) 219
Senn H. — Misure su modelli di funi . . . . . 33 D
Seulen G. - Voss H. — Tempera superficiale a induzione . . . . . 29 D
— Tempera superficiale a induzione . . . . . 30 D
SOLARI C. — Macchine elettriche (r) 174
SORDELLI E. — A proposito di unificazione delle tensioni (L) 145
Soulier A. — I rivelatori di incendio . . . . . 69 D
Spagnoletti S. — Gli sforzi di taglio nelle dighe a speroni . . . . . 4 D
Spiess H. — Economia dell'energia e evaporazione . 54 D
Stäger H. — Problemi attuali dei materiali . . . 89 D
Steffes M. — Gas o vapore per la produzione di energia elettrica nelle acciaierie . . . . . 28 D
STELLA M. — Elementi di calcolo logaritmico (r) . . 147
— Il regolo logaritmico e il suo impiego (r) . . . 200
STRASBURGER E. — Un botanico racconta (r) . . . 147
Straubel W. — Su una possibilità di diminuire la superficie dei pozzi piezometrici . . . . . 6 D
Streuli W. - Wild J. - Wydler F. — Energia alle reti da parte delle centrali delle industrie . . . 12 D
Strickler A. — Sulla necessità di centrali a serbatoio nella Svizzera . . . . . 73 D
Strobel K. — La macchina a corrente unipolare . . 11 D
Süsli H. — Comando nelle locomotive delle Strade Ferrate Svizzere . . . . . 19 D
— Le locomotive monofasi delle Ferrovie Svizzere . 20 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Tagliabue C. — Note di calcolo sui trasformatori microfonici . . . . . 51 D
Tavasci B. - Cereseto A. — La corrosione dei calcestruzzi . . . . . 6 D
TORZO G. — Gli errori nelle misure di precisione - Classificazione e terminologia (A) 1
Tournier M. - Ceccaldi M. — Applicazione del calcolo tensoriale all'elettrotecnica . . . . . 63 D
TRABACCHI G. C. — L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione (A) 213
— L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione (V) 251

UCCELLI A. — Premesse fisiche e fondamentali del calcolo vettoriale (r) 249
Understadt W. — Determinazione dei guasti dei cavi 16 D

VANNOTTI R. — Il problema del coordinamento degli isolamenti negli impianti elettrici (V) 100
Velisek A. — I fondamenti fisici della pompa di calore . . . . . 30 D
Volkert G. — Esercizio di un forno a tino elettrico 22 D
von Ardenne M. — Progressi nell'ultramicroscopio 40 D
Voss H. - Seulen G. — Tempera superficiale a induzione . . . . . 29 D
— Tempera superficiale a induzione . . . . . 30 D

Wagner A. — Alternatori verticali . . . . . 72 D
— Riavvolgimento di alternatori a 42 ed a 45 p/s per la frequenza normalizzata di 50 p/s (L) . . . 171
Waguet P. - Gouffé A. — Sulla spettrofotometria . . 88 D
Wegel W. — Carico delle condutture in cavo . . . 24 D
WEGENER A. — La formazione dei continenti e degli oceani (r) 249
Wesche K. — Dispositivi accessori nelle reti a media tensione . . . . . 65 D
Wettstein H. — Freccia delle linee aeree . . . . 86 D
Widmer H. — Pompa di calore come integrazione degli impianti frigoriferi . . . . . 69 D
— Pompa di calore come complemento di impianti frigoriferi (d. r.) 96
Widmer K. — Sezionatori in alluminio . . . . . 9 D
Wienke Fr. — Le possibilità di trasmissione di condutture con corde di acciaio . . . . . 23 D
Wild J. - Streuli W. - Wydler F. — Energia alle reti da parte delle centrali delle industrie . . . 12 D
Willers E. — Unioni di alluminio e alluminio-rame nei cavi . . . . . 34 D
Willers Fr. A. — Macchine per equazioni differenziali . . . . . 32 D
Willing W. — La vita economica delle lampade . . 41 D
Winter W. — Interruttori di protezione per motori . 85 D
Wydle F. - Wild J. - Streuli W. — Energia alle reti da parte delle centrali delle industrie . . . . 12 D

Zeh M. — Saldature autogene dei fili nella tecnica delle telecomunicazioni . . . . . 77 D
ZERBINI V. — Gli isteresigrafi (A) 182
Zipfel M. — Essiccazione di frutta e verdure . . . 53 D
Zorn M. — Sovraccarico delle macchine a c. c. fino al cortocircuito . . . . . 15 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

INDICE DELLE MATERIE

1. – **A. E. I.**
a) *Comunicati* - b) *Consiglio Generale* - c) *Riunioni annuali* - d) *Sezioni* - e) *Commissioni e Comitati* - f) *Comitato Elettrotecnico Italiano* - g) *Votazioni - Statuti - Regolamenti* - h) *Varie.*

2. – **Accumulazione dell'energia.**
a) *questioni generali* - b) *accumulatori elettrici* (vedi « Elettrochimica ») - c) *accumulatori idraulici* - d) *accumulatori termici* - v) *varie.*

3. – **Apparecchi e dispositivi di manovra, di regolazione, di protezione, ecc.** (vedi anche « Trazione e propulsione » - « Trasmissione e distribuzione » - « Costruzioni elettromeccaniche»).
a) *questioni generali* - b) *di manovra* - c) *di regolazione* - d) *di protezione contro le sovratensioni* - e) *di protezione contro le sovracorrenti* - v) *varie.*

4. – **Applicazioni agricole.**

5. – **Applicazioni termiche.**
a) *questioni generali* - b) *forni* (vedi anche « Elettrochimica ed elettrometallurgia ») - c) *saldatura* - d) *domestiche* - e) *caldaie elettriche* - f) *termopompe* - v) *varie.*

6. – **Applicazioni varie.**
a) *questioni generali* - b) *scientifiche* - c) *industriali* - d) *domestiche* - e) *navali* (vedi **41** *h*: Propulsione e **41** *i*: Impianti ausiliari di bordo) - f) *sondaggi elettrici* - v) *varie.*

7. – **Bilanci, dividendi e notizie delle Società elettriche.**

8. – **Brevetti.**

9. – **Condutture** (vedi anche « Trasmissione e distribuzione » - « Materiali »).
a) *questioni generali* - b) *palificazioni* - c) *calcolo meccanico delle linee* - d) *cavi* - e) *isolatori* - f) *conduttori* - v) *varie.*

10. – **Convertitori, raddrizzatori, ecc.** (vedi anche « Trasformatori » - « Radiotecnica »).
a) *questioni generali* - b) *convertitori ruotanti* - c) *raddrizzatori a vapore di mercurio* (vedi anche « Elettrofisica ») - d) *dispositivi speciali* - e) *con tubi elettronici* - f) *raddrizzatori a ossido* - v) *varie.*

11. – **Costruzioni elettromeccaniche** (vedi anche « Meccanica » - « Generatori e motori sincroni » - « Motori e generatori a induzione » - « Macchine a collettore » - « Trasformatori » - « Apparecchi » - « Materiali »).
a) *questioni generali* - b) *organi meccanici* - c) *avvolgimenti e collettori* - d) *isolamento e isolanti* - e) *raffreddamento* - f) *apparecchiatura* - v) *varie.*

12. – **Decreti, leggi, norme e regolamenti.**

13. – **Elettrochimica ed elettrometallurgia.**
a) *questioni generali* - b) *elettrochimica* (vedi anche « Fisica e Chimica » - c) *accumulatori e pile* - d) *elettrometallurgia* (vedi anche « Applicazioni termiche ») - v) *varie.*

14. – **Elettrofisica e magnetofisica** (vedi anche « Elettrotecnica generale » - « Fisica e chimica » - « Radiotecnica »).
a) *questioni generali* - b) *elettrofisica generale* - c) *fotoelettricità* - d) *elettroacustica* - h) *magnetofisica* - v) *varie.*

15. – **Elettrotecnica generale** (vedi anche « Elettrofisica e magnetofisica »).
a) *questioni generali* - b) *studio dei circuiti e dei campi* - c) *calcolo resistenze, induttanze, capacità* - d) *distribuzione della corrente nei conduttori* (effetto pellicolare, correnti parassite, ecc.) - e) *fenomeni dipendenti dalle altissime tensioni* (effetto corona, ecc.) (vedi anche « Trasmissione e distribuzione ») - f) *fenomeni transitori - sovracorrenti e sovratensioni* (vedi anche « Trasmissione e distribuzione ») - v) *varie.*

16. – **Fisica, Chimica e Matematica** (vedi anche « Elettrofisica e magnetofisica »).
a) *questioni generali* - b) *fisica* - c) *chimica* - d) *matematica* - v) *varie.*

17. – **Generatori e motori sincroni** (vedi anche « Costruzioni elettromeccaniche »).
a) *questioni generali* - b) *calcolo costruttivo e dei parametri* (vedi anche « Elettrotecnica generale ») - c) *avviamento e regolazione* (vedi anche « Apparecchi ») - v) *varie.*

18. – **Idraulica** (vedi anche « Impianti » - « Misure » - « Accumulazione dell'energia »).
a) *questioni generali* - b) *serbatoi e canali* - c) *dighe* - d) *condotte, valvole, paratoie*, ecc. - e) *macchine idrauliche* (vedi anche « Motori primi ») - v) *varie.*

19. – **Illuminazione e fotometria.**
a) *questioni generali* - b) *impianti di illuminazione* (vedi anche « Trasmissione e distribuzione ») - c) *macchinario* (*trasf. a corrente costante, trasf. serie, ecc.*) - d) *lampade* - e) *apparecchi e dispositivi di comando* (vedi anche « Apparecchi ») - f) *fotometria* (vedi anche « Misure ») - v) *varie.*

20. – **Impianti** (esclusi gli impianti di utilizzazione - vedi anche « Trasmissione e distribuzione »).
a) *questioni generali* - b) *opere idrauliche* (vedi anche « Idraulica ») - c) *edifici* (*centrali, cabine, ecc.*) - d) *macchinario* (vedi anche « Costruzioni elettromeccaniche » - « Generatori e motori sincroni » - « Macchine a collettore » - « Motori primi ») - e) *apparecchiatura e quadri* (vedi anche « Apparecchi ») - f) *impianti termici* (vedi anche « Motori primi ») - g) *economia ed esercizio* - h) *centrali e cabine automatiche* (vedi anche « Apparecchi » - « Convertitori, raddrizzatori » - « Trazione ») - i) *descrizione impianti* - l) *comandi e misure - a distanza* v) *varie.*

21. – **Indice bibliografico.**

22. – **Industria nazionale.**

23. – **Insegnamento, istituti, scuole, laboratori.**

24. – **Libri e pubblicazioni.**

25. – **Macchine a collettore** (vedi anche « Costruzioni elettromeccaniche » - « Elettrotecnica generale »).
a) *questioni generali* - b) *calcolo costruttivo e dei parametri* - c) *a corrente continua* - d) *a corrente alternata* - e) *tipi speciali* (*motori compensati, compensatori di fase, ecc.*) (vedi anche « Convertitori ») - v) *varie.*

26. – **Materiali** (vedi anche « Misure » - « Costruzioni elettromeccaniche »).
a) *questioni generali* - b) *per le strutture murarie* - c) *per le strutture metalliche* - d) *magnetici* - e) *conduttori* - f) *isolanti* - v) *varie.*

27. – **Meccanica** (vedi anche « Costruzioni elettromeccaniche » - « Motori primi » - « Trazione e propulsione » - « Fisica »).

28. – **Misure** (vedi anche « Illuminazione e fotometria » - « Radiotelegrafia e Radiotelefonia » - « Fisica e chimica » - « Materiali »).
a) *questioni generali* - b) *metodi di laboratorio* - c) *apparecchi da laboratorio* - d) *metodi industriali* (*prove di macchine, verifiche di impianti, ecc.*) - e) *apparecchi industriali* (*istrumenti, shunt, resistenze, trasformatori, ecc.*) - f) *misure di grandezze non elettriche* (vedi anche « Idraulica » - « Motori primi » - « Fotometria ») - v) *varie.*

29. – **Motori e generatori a induzione** (vedi anche « Costruzioni elettromeccaniche » - « Elettrotecnica generale »).
a) *questioni generali* - b) *calcolo costruttivo e dei parametri* - c) *avviamento e regolazione* - d) *motori compensati e sincronizzati* (vedi anche « Macchine a collettore ») - e) *regolatori a induzione* - v) *varie.*

30. – **Motori primi** (vedi anche « Impianti » - « Idraulica » - « Meccanica »).
a) *questioni generali* - b) *idraulici* - c) *aerodinamici* - d) *termici* (*caldaie, motori a vapore, a combustione interna*) - v) *varie.*

31. – **Necrologie.**

32. – **Note economiche e finanziarie.**

33. – **Note e questioni legali.**

34. – **Radiotecnica** (vedi anche « Telegrafia, telefonia » - « Convertitori, raddrizzatori » - « Elettrofisica e magnetofisica »).
a) *questioni generali* - b) *tubi elettronici* (vedi anche « Elettrofisica ») - c) *oscillatori, generatori, trasmettitori, stazioni radiotrasmittenti* - d) *ricevitori, rivelatori, amplificatori, stazioni radioriceventi* - e) *emissione, propagazione e captazione delle radioonde, antenne, sistemi direttivi, propagazione delle radioonde* - f) *radiotelefonia, elettroacustica, trasmissione delle immagini, trasmissione a onde convogliate* - g) *misure radiotecniche* (vedi anche « Misure » - « Metodi e istrumenti » - h) *disturbi, protezioni* - v) *varie.*

35. – **Società scientifiche, Esposizioni, Congressi, Commissioni di studio, Concorsi.**

36. – **Statistica.**

37. – **Tariffazione e vendita** (vedi anche « Misure »).

38. – **Telefonia, Telegrafia e Televisione** (vedi anche « Radiotecnica » - « Misure »).
a) *questioni generali* - b) *apparecchi* - c) *impianti e linee, e fenomeni perturbatori* (vedi anche « Condutture » - « Elettrotecnica generale » - « Trazione » - « « Trasmissione e distribuzione ») - d) *telefonia automatica* - e) *segnalazioni ad alta frequenza* - f) *televisione e trasmissione delle immagini* - g) *telescriventi* - v) *varie.*

39. – **Trasformatori.**
a) *questioni generali* - b) *calcolo costruttivo e dei parametri* - c) *collegamenti e dispositivi di regolazione* - d) *trasformatori speciali* (*a tre avvolgimenti, per forni, per prove ad altissima tensione, autotrasformatori*), (*per i trasformatori a corrente secondaria costante*, vedi « Illuminazione e fotometria » - 19 *c*); (*per i trasformatori di misura* vedi « Misure »: 28 *e*), (vedi anche « Radiotecnica ») - v) *varie.*

40. – **Trasmissione e distribuzione** (vedi anche « Condutture » - « Trazione »).
a) *questioni generali* - b) *grandi linee* - c) *reti di distribuzione* - d) *sovracorrenti e sovratensioni* (vedi anche « Elettrotecnica generale » - « Apparecchi ») - e) *dispersioni e interferenze* - f) *economia e esercizio* (*rifasamento, stabilità, collegamenti di frequenza, ecc.*) - g) *danni e pericoli* (*fulminazioni, incendi, ecc.*) h) *impianti interni* - v) *varie.*

41. – **Trazione e propulsione.**
a) *questioni generali* - b) *produzione, conversione e ricupero di energia* (vedi anche « Convertitori, raddrizzatori » - « Impianti») - c) *linee di trasporto e di contatto e interferenze* (vedi anche « Condutture » - « Trasmissione e distribuzione » - « Telefonia e telegrafia ») - d) *segnalazioni, controlli e comandi* - e) *materiale mobile* - f) *apparecchiatura* (vedi anche « Apparecchi ») - g) *locomotori speciali* (*Diesel-elettrici, ecc.*) - h) *propulsione navale* - i) *impianti ausiliari di bordo* - l) *trazione ad accumulatori* - m) *applicazioni all'aviazione* - n) *teleferiche, filovie, ecc.* - v) *varie.*

42. – **Varie.**

Biblioteca nazionale centrale di Roma

NB. - I numeri in corsivo posti accanto ad ogni categoria dell'indice per materie, rappresentano il riferimento della categoria stessa nella classificazione decimale.

1. - A. E. I.

a) *Comunicati.*

Ripresa . . . 1
Ai lettori . . . 29
Vita dell'A.E.I. - Le dimissioni della Presidenza . . . 53
Ai soci dell'A.E.I. a sud e a nord dell'Appennino . 74
Verbale dell'Assemblea Generale - Milano, 3 maggio 1945 . . . 76
Lavoriamo . . . 77
Svalutazione e prezzi . . . 77
I premi dell'A.E.I. . . . 78
L'esito del referendum ed il prossimo Consiglio generale . . . 101
Guerra e progresso tecnico . . . 102
I risultati del referendum . . . 121
Premi e concorsi . . . 125
Ancora sul referendum . . . 149
Convocazione dell'Assemblea Generale dei Soci - Milano, venerdì, 5 ottobre 1945 - ore 9,30 . . . 151
Assemblea generale dei Soci . . . 153
Problema finanziario dell'A.E.I. . . . 153
Soci sostenitori . . . 153
La vita delle Sezioni . . . 154
L'attività delle Sezioni . . . 181
Il nuovo albo d'oro dell'A.E.I. . . . 229
Soci Sostenitori . . . 249
Verbale dell'Assemblea Generale - Milano, 5 ottobre 1945 . . . 250

b) *Consiglio Generale.*

Verbale del Consiglio Generale - Milano, 3 maggio 1945 . . . 75
Seduta Straordinaria del Consiglio Generale - Milano, lunedì, 10 settembre 1945 . . . 121
Consiglio Generale ed Assemblea . . . 125
Verbale del Consiglio Generale - Milano, 10 settembre 1945 . . . 149

c) *Riunioni annuali.*

Per una ripresa delle Riunioni annuali . . . 101
La futura Riunione Annuale . . . 181

d) *Sezioni.*

Sezione di Bologna . . . 178
Sezione di Catania . . . 178
» » Genova . . . 225-251-270
» » Milano . . . 51-97-122-179
» » Pugliese . . . 271
» » Roma . . . 179-201-251

f) *Comitato Elettrotecnico Italiano.*

Il C.E.I. e la guerra . . . 154
Distribuzione di nuovi fascicoli di Norme . . . 178
C.E.I. - Per la ripresa dell'attività del C.E.I. . . . 178
Distribuzione Norme . . . 205
Norme per la verifica dei complessi di misura . . . 229
Le nuove norme sperimentali per la verifica dei complessi di misura dell'energia elettrica - *Barbagelata A.* . . . 237
Norme C.N.R. - C.E.I. . . . 249

2. - Accumulazione dell'energia.

b) accumulatori elettrici - *621.355*

NOTE DI REDAZIONE

Perfezionamenti agli accumulatori . . . 154

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Di un nuovo miglioramento negli accumulatori elettrici al piombo - *Maternini M.* . . . 166

DALLE RIVISTE

Carica automatica delle batterie di segnalazione o per illuminazione di soccorso - *Lippe W.* . . . 147

SUNTI E SOMMARI

Carica delle batterie per illuminazione di segnalazione - *Lippe W.* . . . 77 D

3. - Apparecchi e dispositivi di manovra, di regolazione, di protezione, ecc.

b) di manovra - *621.316.5*

NOTE DI REDAZIONE

Richiusura automatica degli interruttori . . . 229

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Motori asincroni e richiusura istantanea - *Di Vito G.* 230

SEZIONI E COMMISSIONI

Richiusura istantanea e motori asincroni - *Di Vito G.* 122

SUNTI E SOMMARI

Sezionatori in alluminio - *Widmer K.* . . . 9 D
Durata dell'arco di apertura e influenza della capacità del circuito - *Holm R.* . . . 21 D
Il sistema *undaer* - *Roth A.* . . . 37 D
Il sincronizzatore ultrarapido - *Jockle J.* - *Gantenbein A.* . . . 61 D
Scaricatori per corrente continua - *Pidoux I.* . . . 61 D
Sincronizzazione rapida nella centrale di Verbois - *Leroy R.* . . . 85 D

d) di protezione contro le sovratensioni - *621.316.93*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori - *Salmoiraghi A.* . . . 102

e) di protezione contro le sovracorrenti - *621.316.92*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori - *Salmoiraghi A.* . . . 102

SEZIONI E COMMISSIONI

Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori - *Salmoiraghi A.* . . . 51

SUNTI E SOMMARI

Un nuovo relé - *Naef O.* . . . 61 D
Interruttori di protezione per motori - *Winter W.* . . 85 D

4. - Applicazioni agricole.

SUNTI E SOMMARI

Apparecchiatura per le trebbiatrici - *Köster E.* . . . 9 D
Trebbiatura elettrica - *Nagel H.* . . . 37 D
Grandi essiccatoi di erba - *Piller L.* . . . 37 D
Essiccatore per foraggi, con ricupero di calore - *Meuche H. E.* . . . 38 D
Impianti di essiccazione dell'erba - *Ringwald F.* . . 38 D
Essiccatore a nastro - *Schwab P.* . . . 38 D
Impianti di essiccazione di erba - *Grossen M.* . . . 45 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Essiccatoio a tamburo - *Oetiker E.* . . . . . 45 D
Essiccatore con ricupero di calore - *Brunner G.* . . 46 D
Essiccazione dell'erba per via elettrica - *Frölich W. L.* . . . . . 46 D
La essiccazione per via elettrica dell'erba . . . . 53 D
Essiccazione di frutta e verdure - *Zipfel M.* . . . 53 D
Illuminazione dei pollai - *Ringwald F.* . . . . . 69 D

CRONACA TECNICA

Essiccatoio elettrico per erba . . . . . 36 D
Essiccatori elettrici d'erba . . . . . 44 D
Essiccazione elettrica dell'erba . . . . . 52 D
Essiccatore per prodotti agricoli . . . . . 68 D
Essiccatore universale per foraggi . . . . . 76 D

5. - Applicazioni termiche.

b) forni - *621.365*

SUNTI E SOMMARI

Forno di fusione a grafite - *Kropf A.* . . . . . 21 D
Ricerche con una copertura di forno ad arco - *Müller H.* . . . . . 22 D
Esercizio di un forno a tino elettrico - *Volkert G.* . 22 D

d) domestiche - *621.365.453*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Nuove possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica - *Costadoni C.* . . . 54-81

DALLE RIVISTE

La inserzione delle macchine da saldare a resistenza *Balmas A.* 49

SUNTI E SOMMARI

Carico sulle reti per cucine elettriche - *Marder F.* . 33 D
Accumulazione del calore negli apparecchi domestici - *Routin J. L.* . . . . . 61 D
Riscaldamento di ambienti mediante pannelli - *Lindemann H. I.* . . . . . 62 D
Saldature autogene dei fili nella tecnica delle telecomunicazioni - *Zeh M.* . . . . . 77 D
Dispositivi per saldatura autogena - *Glage W.* . . . 78 D

e) caldaie elettriche - *621.365.33*

NOTE DI REDAZIONE

Caldaie elettriche 154

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Caldaie elettriche - *Orsi A.* 155

f) termopompe

DALLE RIVISTE

Pompa di calore come complemento di impianti frigoriferi - *Widmer H.* 96
Problemi di sviluppo e di convenienza degli impianti di pompe di calore - *Peter R.* 222

SUNTI E SOMMARI

La pompa di calore - *Bauer B.* . . . . . 29 D
I fondamenti fisici della pompa di calore - *Velisek A.* . . . . . 30 D
La pompa di calore e la sua teoria fisica - *Bauer B.* . 39 D
Campi di applicazione di impianti di termopompe - *Büttikofer U. V.* . . . . . 39 D
Termopompe dell'Ospedale di Zurigo - *Egli M.* . . . 39 D
Riscaldamento con termopompe a Zurigo . . . . 47 D
Grandi impianti di pompe di calore - *Baumann A.* . 47 D
Convenienza degli impianti di termopompe - *Peter R.* . . . . . 48 D
Economia dell'energia e evaporazione - *Spiess H.* . 54 D
Pompa di calore come integrazione degli impianti frigoriferi - *Widmer H.* . . . . . 69 D

CRONACA TECNICA

Valorizzazione del calore dei fiumi svizzeri mediante termocompressione . . . . . 45 D
Impianti di termocompressione . . . . . 52 D
Applicazione della termocompressione agli impianti di essiccazione dell'erba . . . . . 60 D

v) varie

SUNTI E SOMMARI

Tempera superficiale a induzione - *Voss H. - Seulen G.* . . . . . 29 D
Produzione di gas d'acqua con riscaldamento elettrico - *Ritterhaussen Ad.* . . . . . 30 D
Tempera superficiale a induzione - *Voss H. - Seulen G.* . . . . . 30 D
Riscaldatore elettrico di secchioni di colata - *Keller G.* . . . . . 62 D

CRONACA TECNICA

Essiccatori a unico nastro trasportatore . . . . . 60 D

6. - Applicazioni varie.

b) scientifiche

SUNTI E SOMMARI

Macchine per equazioni differenziali - *Willers Fr. A.* 32 D
Progressi nell'ultramicroscopio - *von Ardenne M.* . 40 D
La radiologia industriale - *Guiner A.* . . . . . 78 D

c) industriali

DALLE RIVISTE

Pompa di calore come complemento di impianti frigoriferi - *Widmer H.* 96

SEZIONI E COMMISSIONI

I trattamenti delle acque e l'elettrotecnica - *Cambi F.* 179

SUNTI E SOMMARI

Fresatrice per incastellature di locomotive - *Döring H. - Hess H.* . . . . . 9 D
Misure in un impianto di pompe - *Mörs W.* . . . . 22 D
Magli elettro pneumatici a vapore o ad aria compressa - *Knorr F.* . . . . . 23 D
Impianto di produzione di gas con depuratore elettrico - *Pechal E.* . . . . . 31 D
50 anni di apparecchi elettrici di sollevamento - *Schiebeler C.* . . . . . 31 D
Grue galleggiante da 350 tonnellate . . . . . 32 D
Energia nella produzione delle fibre artificiali - *Karbn H.* . . . . . 40 D
Comando per macchine a stampare - *Ochsner A.* . 62 D
I rivelatori di incendio - *Soulier A.* . . . . . 69 D
Gli orologi di commutazione - *Lavet M.* . . . . . 70 D
L'albero elettrico - *Oertel F.* . . . . . 79 D
Elettricità e sport - *Janicki W.* . . . . . 86 D

7. - Bilanci, dividendi e notizie delle Società elettriche.

8. - Brevetti.

9. - Condutture.

b) palificazioni - *621.315.66*

SUNTI E SOMMARI

Blocchi di fondazione dei pali - *Bürklin A.* . . . . 34 D
Ricerche con pali impregnati . . . . . 40 D
Le fondazioni dei pali - *Carpentier H.* . . . . . 70 D
La produzione di acidi da parte dei funghi - *Kind A.* 71 D

c) calcolo meccanico delle linee - *621.315.17*

SUNTI E SOMMARI

Vibrazioni di vecchi conduttori - *Meyer H.* . . . . 33 D
Misure su modelli di funi - *Senn H.* . . . . . 33 D
Freccia delle linee aeree - *Wettstein H.* . . . . . 86 D

d) cavi - *621.315.2*

SUNTI E SOMMARI

Carico delle condutture in cavo - *Wegel W.* . . . . 24 D
Carico di cucine elettriche - *Marder Fr.* . . . . . 33 D
Unioni di alluminio e alluminio-rame nei cavi - *Willers E.* . . . . . 34 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Materie prime tedesche nella costruzione di cavi - *Lehne Th.* . . . 48 D
Osservazioni di esercizio sui cavi ad alta tensione - *Kaiser F.* . . . 79 D
Sovraccarico dei cavi sotterranei - *Domenach L.* . . 80 D
Corrosione dei cavi - *Haase C.* . . . 80 D

e) **isolatori** - *621.315.62*

SUNTI E SOMMARI
L'isolatore a lunga asta - *Obenaus F.* . . . 54 D

f) **conduttori** - *6.3121.55*

LIBRI E PUBBLICAZIONI
L'alluminio nelle linee elettriche . . . 174

SUNTI E SOMMARI
La resistenza di conduttori di acciaio - *Grünwald E.* 10 D
Le possibilità di trasmissione di condutture con corde di acciaio - *Wienke Fr.* . . . 23 D
Sul problema della sezione dei conduttori - *Schnaus G. - Almers H.* . . . 48 D

10. - Convertitori, raddrizzatori, ecc.

a) **questioni generali** - *621.31*

NOTE DI REDAZIONE
Conversione dell'energia . . . 53

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
Nuove possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica - *Costadoni C.* . . . 54-81

SUNTI E SOMMARI
Convertitori raddrizzatori ad altissima tensione - *Augier J.* . . . 63 D

c) **raddrizzatori a vapore di mercurio** - *621.314.52*

SUNTI E SOMMARI
Il carico sulle reti costituito da comandi a corrente continua alimentati attraverso raddrizzatori - *Gebauer W.* . . . 2 D
Tecnica del vuoto nel campo delle correnti forti *Schulze W.* . . . 24 D
Laminatoi reversibili con raddrizzatori a vapore di mercurio - *Himmelberg G.* . . . 25 D
Raddrizzatore RVS 601/6 - *Costadoni C.* . . . 71 D
Dispositivi di inserzione e di protezione negli impianti di raddrizzatori - *Anscütz H.* . . . 81 D
Rilievo delle caratteristiche di sonda di un mutatore - *Leroy I.* . . . 81 D

11. - Costruzioni elettromeccaniche.

a) **questioni generali** - *621.31*

NOTE DI REDAZIONE
Macchine antideflagranti . . . 125

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
Macchine elettriche rotanti di costruzione antideflagranti - *Melone M.* . . . 137

LIBRI E PUBBLICAZIONI
Macchine elettriche - *Solari C.* . . . 174

e) **raffreddamento**

SUNTI E SOMMARI
Il raffreddamento con idrogeno - *Leukert W.* . . . 82 D

12. - Decreti, leggi, norme e regolamenti.

13. - Elettrochimica ed elettrometallurgia.

c) **accumulatori e pile** - *621.355*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
Di un nuovo miglioramento negli accumulatori elettrici al piombo - *Maternini M.* . . . 166

SUNTI E SOMMARI
Pile con forze elettromotrici apparentemente maggiori delle teoriche - *Scarpa O.* . . . 2 D
Tensione utile delle pile per lampadine - *Scarpa O.* 2 D
Pile con forza elettromotrice apparentemente minore della teorica - *Scarpa O.* . . . 10 D

d) **elettrometallurgia** - *621.365*

LIBRI E PUBBLICAZIONI
Trattamento siderurgico dei minerali di ferro con particolare riferimento ai processi indipendenti dall'alto forno a coke - *Durrer R.* . . . 146
L'alluminio e le sue leghe - *Panseri C.* . . . 221

SUNTI E SOMMARI
Il forno elettrico nella tempera - *Höltje H.* . . . 35 D
Forni nella fabbricazione dei vari acciai speciali - *Bottier R.* . . . 87 D

14. - Elettrofisica e magnetofisica.

a) **questioni generali** - *621.315*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione - *Trabacchi G. C.* . . . 213

b) **elettrofisica generale** - *537*

NOTE DI REDAZIONE
La bomba atomica e l'energia nucleare . . . 205

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
Il Ciclotrone - *Colla P. M.* . . . 19-40

SEZIONI E COMMISSIONI
L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione - *Trabacchi G. C.* . . . 251
Conversazione elettroatomica - *Crivellari G.* . . . 271

SUNTI E SOMMARI
Arco elettrico e sua interruzione - *Mayr O.* . . . 3 D
Il ciclotrone - *Bothe W.* . . . 25 D

d) **elettroacustica** - *534*

SUNTI E SOMMARI
Una nuova realizzazione della CGE nel campo dell'elettroacustica - *Filipponi A.* . . . 82 D
Registrazione di pellicole sonore - *Massarelli F.* . . . 87 D

h) **magnetofisica** - *538*

SEZIONI E COMMISSIONI
Il ferromagnetismo - *Occhialini A.* . . . 270

15. - Elettrotecnica generale.

a) **questioni generali** - *621.3*

NOTE DI REDAZIONE
Unificazione delle tensioni e delle frequenze . . . 78

ARTICOLI E COMUNICAZIONI
Considerazioni sulla unificazione delle tensioni - *Melone M.* . . . 78

LETTERE ALLA REDAZIONE
Ancora sull'unificazione delle tensioni - *Giacomoni A.* 26
A proposito di unificazione delle tensioni - *Sordelli E.* . . . 145
Riavvolgimento di alternatori a 42 ed a 45 p/s per la frequenza normalizzata di 50 p/s - *Wagner A.* 171
Sulla unificazione delle tensioni - *Cantù A.* . . . 198
L'unificazione delle frequenze - *Paolucci A.* . . . 248

NOTIZIE E INFORMAZIONI
Unificazione delle frequenze . . . 198

LIBRI E PUBBLICAZIONI
Elettrotecnica figurata - *Büscher G.* . . . 173

Biblioteca nazionale centrale di Roma

SUNTI E SOMMARI

La macchina a corrente unipolare - *Strobel K.* . . 11 D
Teoria della macchina unipolare - *Kneissler-Maixdorf* . . . . . 26 D
Applicazione del calcolo tensoriale all'elettrotecnica - *Tournier M. - Ceccaldi M.* . . . . . 63 D

b) **studio dei circuiti e dei campi** - *537.313*

SUNTI E SOMMARI

Circuiti a scatto con tubi elettronici - *Melzer K.* . . 83 D
Sulla propagazione delle onde lungo le linee - *Bayard M.* . . . . . 88 D
Formule dell'induttanza mutua fra due doppini paralleli - *Baranov N.* . . . . . 88 D

16. - Fisica, chimica e matematica.

b) **fisica** - *53*

LIBRI E PUBBLICAZIONI

La fisica di Carlson - *Carlson P.* 146
Esercitazioni di fisica - *Americ A. - Notari M.* . . 174
Gravitazione - *Biddel Airy G.* 174
Introduzione alla termodinamica - *Faggiani D.* . . 221

SUNTI E SOMMARI

La trasmissione del calore nel campo di passaggio della corrente laminare a quella turbolenta - *Böhm J.* . . . . . 26 D

d) **matematica** - *51*

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Elementi di calcolo logaritmico - *Stella M.* 147
Lezioni di geometria proiettiva - *Masotti Biggiogero G.* 175
Lezioni di meccanica razionale per ingegneri - *Armellini G.* 200
Manuale logaritmico completo del tecnico ad uso del tecnico - *Bonfigli* 221
Esercizi di geometria analitica e proiettiva - *Chisini O.* 222
Premesse fisiche e fondamentali del calcolo vettoriale - *Uccelli A.* 249

17. - Generatori e motori sincroni.

a) **questioni generali** - *621.313.32*

NOTE DI REDAZIONE

Protezione di macchine 102
Alternatori a media ed alta frequenza 205

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori - *Salmoiraghi A.* 102
Alternatori a media ed alta frequenza - *Barello G.* 206

LA NOSTRA INDUSTRIA

Gruppi turbogeneratori Ljungström 172

SUNTI E SOMMARI

Trattazione delle macchine sincrone col sistema unitario - *Harms* . . . . . 26 D
Alternatori verticali - *Wagner A.* . . . . . 72 D

b) **calcolo costruttivo e dei parametri** - *621.313.32.04*

SUNTI E SOMMARI

Avvolgimenti smorzatori - *Pulz W.* . . . . . 83 D

c) **avviamento e regolazione** - *621.313.32.07*

LA NOSTRA INDUSTRIA

Progressi nell'avviamento dei compensatori sincroni 200

18. - Idraulica.

a) **questioni generali**

SUNTI E SOMMARI

Equazione del regime permanente - *Puppini U.* . . 5 D
Sugli afflussi ai bacini idrografici - *Gregorig R.* . . 12 D

b) **serbatoi e canali** - *672*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulla progettazione degli impianti idroelettrici ad alta caduta e piccola portata ad uso di industrie proprie - *Lampis C.* 254

c) **dighe** - *627.8*

SUNTI E SOMMARI

Dighe ad arco-gravità - *Arredi F.* . . . . . 3 D
Grandi dighe e impiego di cementi speciali - *Gietz-Hendström S.* . . . . . 12 D
Diga provvisoria - *Pedrazzini M.* . . . . . 27 D

d) **condotte, valvole, paratoie, ecc.** - *621.25*

SUNTI E SOMMARI

Perdite di carico nelle condotte Dalmine - *Marchetti A.* . . . . . 4 D
Gli sforzi di taglio nelle dighe a speroni - *Spagnoletti S.* . . . . . 4 D
Misure di perdita di carico in una corta tubazione - *Kratochvil S.* . . . . . 11 D
Perdita di carico nelle saracinesche - *Kratochvil S.* 11 D
Calcolo delle dighe ad arco-gravità - *Arredi F.* . . 12 D

19. - Illuminazione e fotometria.

a) **questioni generali** - *621.32*

NOTE DI REDAZIONE

Abbagliamento 253

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Abbagliamento ed uniformità del campo abbagliante - *Garelli C. M.* 268

SUNTI E SOMMARI

Il tremolio di parti mobili alla luce di lampade a scarica - *Högger D.* . . . . . 27 D

d) **lampade** - *621.325.7*

SUNTI E SOMMARI

La vita economica delle lampade - *Willing W.* . . 41 D
La lampada elettrica . . . . . 54 D
Circuito per ridurre le oscillazioni delle lampade a scarica - *Loeb J.* . . . . . 63 D
Il problema delle lampade ad incandescenza . . . 72 D
La lampada a bassa tensione - *Frey E.* . . . . . 72 D

CRONACA TECNICA

Le lampade con riempimento di cripton . . . . . 68 D

f) **fotometria** - *535.24*

SUNTI E SOMMARI

Sulla spettrofotometria - *Gouffé A. - Waguet P.* . . 88 D

20. - Impianti.

a) **questioni generali** - *621.311*

NOTE DI REDAZIONE

Lo sfruttamento delle risorse idroelettriche . . . 253

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulla progettazione degli impianti idroelettrici ad alta caduta e piccola portata ad uso di industrie proprie - *Lampis C.* 254

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Impianti elettrici - *Polettini A.* 48

SUNTI E SOMMARI

Energia alle reti da parte delle centrali delle industrie - *Wild J. - Streuli W. - Wydler F.* . . 12 D
L'aumento di potenza di impianti idroelettrici - *Reindl C.* . . . . . 13 D
Aumento della potenza delle centrali indrauliche - *Moser J.* . . . . . 49 D
Forze endogene - *Malandrone I.* . . . . . 55 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

b) **opere idrauliche** - *621.209*

SUNTI E SOMMARI

Su una possibilità di diminuire la superficie dei pozzi piezometrici - *Straubel W.* . . . . . 6 D

d) **macchinario**

SUNTI E SOMMARI

Le macchine ausiliarie della centrale di Innertkirchen - *Schulthess H.* . . . . . 15 D

f) **impianti termici** - *621.311.22*

SUNTI E SOMMARI

Diminuzione delle perdite nei fumi - *Mörs W.* . . . 15 D
Gas o vapore per la produzione di energia elettrica nelle acciaierie - *Steffes M.* . . . . . 28 D

h) **centrali e cabine automatiche** - *621.311.078*

SUNTI E SOMMARI

Automatismi nelle centrali e nelle cabine presidiate - *Cardini C.* 5

i) **descrizione impianti** - *621.311*

DALLE RIVISTE

La nuova sottostazione di collegamento e di distribuzione «Centrale termica» del Service de l'Electricité di Ginevra - *Rollard P. F.* 175

SUNTI E SOMMARI

Centrale addossata alla diga - *Jaeger Ch.* . . . . 5 D
L'impianto sul Rio Negro . . . . . 13 D
Realizzazioni della C.G.E. nel campo delle centrali elettriche - *Muneghina G. - Guazzoni M.* . . . 14 D
Il rifacimento dell'impianto dell'Albula . . . . 14 D
Il primo trasporto di energia a corrente trifase - *Müller C. H.* . . . . . 15 D
La centrale sul Rio Negro . . . . . 35 D
Aumento della potenza di piccoli impianti - *Rauch A.* 41 D
Industria elettrica nell'Africa francese . . . . 49 D
Sfruttamento del Tennessee - *Meyer Kd.* . . . . 55 D
Servizio continuo; un problema di impianto - *Eisert J.* . . . . . 56 D
La centrale di Génissiat . . . . . 64 D
La nuova stazione del Service de l'Electricité di Ginevra - *Rollard P. F.* . . . . . 73 D
I riduttori di misura nella centrale di Verbois - *Goldstein J.* . . . . . 84 D

l) **comandi e misure a distanza** - *621.398*

SUNTI E SOMMARI

Misura a distanza - *Bente G.* . . . . . 55 D
Comunicazione nelle imprese elettriche - *Dennhart A.* . . . . . 56-57 D

v) **varie**

SUNTI E SOMMARI

Sulla necessità di centrali a serbatoio nella Svizzera - *Strickler A.* . . . . . 73 D
Forze endogene - *Malandrone I.* . . . . . 74 D

21. - Indice bibliografico.

22. - Industria nazionale.

LA NOSTRA INDUSTRIA

Gruppi turbogeneratori Ljungström 172
Progressi nell'avviamento dei compensatori sincroni 200
Scatola morsettiera a «bay pass» per inserzione istrumenti di controllo su misuratori elettrici 220

23. - Insegnamento, istituti, scuole, laboratori.

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Istituto Radiotecnico di Milano 146
Corso di perfezionamento in radiotecnica 199

SUNTI E SOMMARI

Laboratori sperimentali nella Svizzera . . . . . 42 D

24. - Libri e pubblicazioni.

LETTERE ALLA REDAZIONE

A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica - *Beneventani E.* 96
A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica - *Lombardi L.* 96

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Elementi di meccanica applicata alle costruzioni - *Maidotti B.* 26
Industrie e Ubicazioni - *Mauro F.* 47
Dizionario tecnico-industriale - *Perrucca E. - Albenga G.* 48
Impianti elettrici - *Polettini A.* 48
Radiotecnica - *Montù E.* 72
Elementi di calcolo per macchinario per impianti chimici - *Pastonesi G.* 72
La Fisica di Carlson - *Carlson P.* 146
Meccanica razionale - *Cisotti U.* 146
Trattamento siderurgico dei minerali di ferro con particolare riferimento ai processi indipendenti dall'alto forno a coke - *Durrer R.* 146
Terra e Radio nel Cosmo - *Harlan True Stetson* . . . 146
Costi e risultati di esercizio nelle grandi imprese meccaniche a produzione varia - *Ardemani E.* . 147
Elementi di calcolo logaritmico - *Stella M.* . . . 147
Un botanico racconta - *Strasburger E.* 147
Elettrotecnica figurata - *Büscher G.* 173
Tecnica delle telecomunicazioni - *Goetsch H.* . . . 173
L'alluminio nelle linee elettriche aeree 174
Gravitazione - *Biddel Airy G.* 174
La refrigerazione e il ricupero del calore - *Guarini E.* 174
Esercitazioni di fisica - *Nozari M. - Amerio A.* . . 174
Attrezzature meccaniche e lavorazioni moderne per la produzione in serie - *Rossi M.* 174
Macchine elettriche - *Solari C.* 174
Conoscere l'acciaio - *Bartoli I. - Masi F.* 175
Il libro delle filettature - *Gazzaniga L.* 175
Lezioni di geometria proiettiva - *Masotti Biggiogero G.* 175
Gli acciai comuni e speciali - *Guzzoni G.* 199
Lezioni di meccanica razionale per ingegneri - *Armellini G.* 200
Chi vive sulle stelle? - *Papp D.* 200
L'universo è finito o infinito? - *Paronelli F.* . . . 200
Il regolo logaritmico e il suo impiego - *Stella M.* . 200
Manuale logaritmico completo del tecnico ad uso del tecnico - *Bonfigli* 221
Introduzione alla termodinamica tecnica - *Faggiani D.* 221
L'alluminio e le sue leghe - *Panseri C.* 221
Esercizi di geometria analitica e proiettiva - *Chisini O.* 222
Scienza delle costruzioni - *Danusso A.* 222
Stampaggio a freddo delle lamiere - *Rossi M.* . . . 222
Il segreto della propulsione a reazione - *Ricci E.* . 248
Premesse fisiche e fondamentali del calcolo vettoriale - *Uccelli A.* 249
La formazione dei continenti e degli oceani - *Wegener A.* 249

25. - Macchine a collettore.

c) **a corrente continua** - *621.313.2*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Nuova possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica - *Costadoni C.* 54-81

SUNTI E SOMMARI

Sovraccarico delle macchine a c. c. fino al cortocircuito - *Zorn M.* . . . . . 15 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

26. - Materiali.

a) questioni generali

SUNTI E SOMMARI

Problemi attuali dei materiali - *Stager H.* . . . . 89 D

b) per le strutture murarie

SUNTI E SOMMARI

La corrosione dei calcestruzzi - *Cereseto A. - Tavasci B.* . . . . . 6 D

c) per le strutture metalliche - *624*

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Conoscere l'acciaio - *Bartoli I. - Masi F.* 175
Gli acciai comuni e speciali - *Guzzoni G.* 199
L'alluminio e le sue leghe - *Panseri C.* 221

d) magnetici - *621.318.1*

NOTE DI REDAZIONE

Materie prime nazionali 29

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Caratteristiche elettriche e magnetiche di un nuovo tipo di ferro tecnicamente puro « il ferrital » e sue possibilità di impiego nelle costruzioni elettromagnetiche - *Regè A.* 29

LETTERE ALLA REDAZIONE

A proposito del Ferrital - *Deaglio R.* 121

e) conduttori - *621.315.5*

LIBRI E PUBBLICAZIONI

L'alluminio nelle linee elettriche 174
L'alluminio e le sue leghe - *Panseri C.* 221

f) isolanti - *621.315.6*

NOTE DI REDAZIONE

Oli isolanti 182

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Note sui trattamenti e sulla rigenerazione degli oli isolanti - *Leardini T.* 193

27. - Meccanica.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Elementi di meccanica applicata alle costruzioni - *Maldotti B.* 26
Meccanica razionale - *Cisotti U.* 146
Attrezzature meccaniche e lavorazioni moderne per la produzione in serie - *Rossi M.* 174
Il libro delle filettature - *Gazzaniga L.* 175
Lezioni di Meccanica razionale per ingegneri - *Armellini G.* 200
Scienza delle costruzioni - *Danusso A.* 222
Stampaggio a freddo delle lamiere - *Rossi M.* 222
Il segreto della propulsione a reazione - *Ricci E.* . 248

SUNTI E SOMMARI

Avviamento di corpi ruotanti - *Geissler A.* . . . . 28 D
Apparecchio equilibratore per rotori - *Carlstein O.* . 89 D

28. - Misure.

a) questioni generali - *621.317*

NOTE DI REDAZIONE

Per l'unificazione della terminologia nel campo delle misure 1

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Gli errori nelle misure di precisione - Classificazione e terminologia - *Torzo G.* 1

b) metodi di laboratorio - *621.317.3*

NOTE DI REDAZIONE

Misure balistiche su condensatori 125

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

La schermatura nelle misure balistiche su condensatori - *Regoliosi P.* 126
Le nuove norme sperimentali per la verifica dei complessi di misura dell'energia - *Barbagelata A.* 247

c) apparecchi da laboratorio - *621.317.7*

NOTE DI REDAZIONE

Gli isteresigrafi 182

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Gli isteresigrafi - *Zerbini V.* 182

SUNTI E SOMMARI

Misure di frequenza a lettura diretta - *Oehrl W.* . 6 D
Voltmetro elettrostatico a induzione - *Schwenkhagen H.* . . . . . 16 D

d) metodi industriali - *621.317.3*

NOTE DI REDAZIONE

Metodi di prova 53

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulla prova di corto circuito dei trasformatori - *Correggiari F.* 67

SUNTI E SOMMARI

Determinazione dei guasti dei cavi - *Understadt W.* 16 D

e) apparecchi industriali - *621.317.7*

NOTE DI REDAZIONE

Ohmmetri 102

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Contributo alla teoria ed alla calcolazione degli ohmmetri - *Rutelli G.* 114

LA NOSTRA INDUSTRIA

Scatola morsettiera a « bay pass » per inserzione istrumenti di controllo su misuratori elettrici . . 220

SUNTI E SOMMARI

Il dispositivo di misura della sottostazione di Verbois - *Roesgen M.* . . . . . 64 D
Dinamometro Oerlikon - *Kessler W. - Borel W.* . . 65 D
Lo sfasamento nella taratura dei wattmetri e dei contatori - *Niethammer F.* . . . . . 74 D
Custodie dei contatori - *Gürtler P.* . . . . . 90 D

f) misure di grandezze non elettriche - *621.317.39*

SUNTI E SOMMARI

La taratura dei manometri - *Gerber H.* . . . . . 16 D
Un misuratore di tempi brevi - *Giermann H.* . . . . 56 D

29. - Motori e generatori a induzione.

a) questioni generali - *621.313.33*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Motori asincroni e richiusura istantanea - *Di Vito G.* 230

SEZIONI E COMMISSIONI

Richiusura istantanea e motori asincroni - *Di Vito G.* 122

b) calcolo costruttivo e dei parametri - *621.314.2.04*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Macchine elettriche rotanti di costruzione antideflagranti - *Melone M.* 137

30. - Motori primi.

b) idraulici - *624.24*

SUNTI E SOMMARI

Ricerche su modelli di turbine idrauliche - *Medici M.* 7 D
Ricerche sugli ugelli delle Pelton - *Böhm O.* . . . 17 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Trenta anni della turbina Kaplan - *Lell J. - Canaan H. F.* . . . . . 74 D

d) termici (caldaie, motori a vapore, a combustione interna) *621.1-521.4*

LA NOSTRA INDUSTRIA

Gruppi turbogeneratori 172

DALLE RIVISTE

Risparmiare carbone, ma come? 72

SEZIONI E COMMISSIONI

Gruppi turbo generatori Ljungström - *Frediani U.* 225

SUNTI E SOMMARI

Turbine ad alta pressione - *Melan H.* . . . . . 36 D
Adattamento dei focolari a combustibili ricchi di umidità e di ceneri - *Schlicke H.* . . . . . 42 D
Trasmissione di calore nei focolari a polverino - *Schaper G.* . . . . . 90 D

31. - Necrologie.

Mantovani Augusto 28
Ammirato Giuseppe 52
Gronda Attilio 52
Ginatta Cristoforo 76
Giulidori Nazzareno 76
Bosone Luigi 124
Rossi Francesco 151
Brandimarte Alfeo 152
Fumero Francesco Ernesto 152
Castelli Emilio 180
Melazzo Giovanni 180
Campos Gino 204
Pellicciari Decio Maria 204
Auteri Michele 228
Saini Riccardo 228
Schroeder Giulio 272

32. - Note economiche e finanziarie.

33. - Note e questioni legali.

34. - Radiotecnica.

a) questioni generali - *621.396*

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Radiotecnica - *Montù E.* 72

c) oscillatori, generatori, trasmettitori, stazioni radiotrasmittenti - *621.396.61*

SUNTI E SOMMARI

Filtri di banda per onde ultracorte - *de Quervain A.* . . . . . 42 D
Studio sui circuiti oscillanti - *Bruno F.* . . . . . 49 D
Moderni oscillatori di audiofrequenza - *Pascucci A.* 50 D

d) ricevitori, rivelatori, amplificatori, stazioni radioriceventi *621.396.62-4*

SUNTI E SOMMARI

Note di calcolo sui trasformatori microfonici - *Tagliabue C.* . . . . . 51 D
Orientamenti dei radioricevitori - *Di Roberto P. P.* 91 D

v) varie

DALLE RIVISTE

Le telecomunicazioni internazionali - Prospettive di avvenire 27

SUNTI E SOMMARI

La rivelazione di ostacoli a distanza - *Callegari N.* 50 D
La radiodiffusione russa - *Machill P.* . . . . . 75 D

35. - Società scientifiche, Esposizioni, Congressi, Commissioni di studio, Concorsi.

36. - Statistica.

SUNTI E SOMMARI

Industria elettrica nell'America Centrale e Meridionale . . . . . 7 D
Scomposizione di serie statistiche e applicazione alle statistiche svizzere - *Kästlin R.* . . . . . 7 D
Richiesta nel dopo guerra - *Hofstetter A.* . . . . . 43 D
Avvenire dell'industria elettrica svizzera . . . . 51 D
Energia nella Svizzera - *Frymann H.* . . . . . 51 D
L'energia elettrica nell'America centrale e meridionale . . . . . 76 D

CRONACA TECNICA

Energia elettrica nella Svizzera . . . . . 36 D
Fornitura d'energia nel quadro dell'economia generale . . . . . 45 D
Industria elettrica svedese . . . . . 52 D

37. - Tariffication e vendita.

38. - Telefonia, telegrafia e televisione.

a) questioni generali - *621.394*

SUNTI E SOMMARI

Le telecomunicazioni internazionali . . . . . 65 D
Impianti di telefoni di servizio - *Buchwald H. C.* . 91 D

c) impianti e linee, e fenomeni perturbatori - *621.394.7-8*

SUNTI E SOMMARI

Linee telefoniche sulle palificazioni delle linee ad alta tensione - *Kitten H.* . . . . . 57 D
Progetto di telecomunicazioni in nuove costruzioni - *Colberg H.* . . . . . 92 D

e) segnalazioni ad alta frequenza - *621.395.4*

SUNTI E SOMMARI

Collegamenti telefonici ad onda portante . . . . . 43 D
Comunicazioni delle imprese elettriche - *Dennhardt A.* . . . . . 56-57 D

v) varie

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Tecnica delle telecomunicazioni - *Goetsch H.* . . . 173

DALLE RIVISTE

Le telecomunicazioni internazionali - Prospettive di avvenire 27

SUNTI E SOMMARI

Il centenario del telegrafo Morse . . . . . 8 D

CRONACA TECNICA

Consumi di energia dei telefoni svizzeri . . . . 36 D

39. - Trasformatori.

a) questioni generali - *621.314*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Sulla prova di corto circuito dei trasformatori - *Correggiari F.* 67
Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori - *Salmoiraghi A.* 102

SUNTI E SOMMARI

La sicurezza nei moderni trasformatori ad alta tensione - *Elsner R.* . . . . . 37 D

b) calcolo costruttivo e dei parametri - *621.314.2.04*

LETTERE ALLA REDAZIONE

Sul calcolo della reattanza nei trasformatori - *Cerretelli B.* 45

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Sul calcolo della reattanza nei trasformatori - *Bianchi V.* . . . 46
Sul calcolo della reattanza nei trasformatori - *Cerretelli B.* . . . 69
Sul calcolo della reattanza nei trasformatori - *Bianchi V.* . . . 70
Sul calcolo della reattanza nei trasformatori - *Cerretelli B.* . . . 71

SUNTI E SOMMARI

Sovratensioni a media e bassa frequenza nei trasformatori - *Crivellari G.* . . . 8 D

40. - Trasmissione e distribuzione.

a) questioni generali - *621.315.6*

SUNTI E SOMMARI

Neutro a terra o neutro isolato? - *Gatto G.* . . . 18 D
Trasformazione di condutture a media tensione ad una tensione superiore - *Lehmann G.* . . . 58 D

b) grandi linee - *621.315.1*

SUNTI E SOMMARI

Linee a 150 kV delle Forces Motrices Bernoises - *Richard Ch.* . . . 44 D
Abaco universale per la tensione all'estremità di una linea - *Lefèvre J.* . . . 66 D
La linea a 150 kV Innertkirchen-Mühleberg - *Oertli H. - Köchli W.* . . . 67 D

c) reti di distribuzione - *621.316.1*

LA NOSTRA INDUSTRIA

Scatola morsettiera a « bay pass » per inserzione istrumenti di controllo su misuratori elettrici . . . 220

SUNTI E SOMMARI

Carico sulle reti per cucine elettriche - *Marder F.* . . 33 D
Il sistema *undaer* - *Roth A.* . . . 37 D
Cabine di trasformazione ausiliarie - *Almers H.* . . . 59 D

d) sovracorrenti e sovratensioni - *621.316.9*

ARTICOLI E COMUNICAZIONI

Motori asincroni e richiusura istantanea - *Di Vito G.* . . . 230

SUNTI E SOMMARI

Reinserzione degli interruttori - *Savagnone V.* . . . 18 D
Reinserzione automatica - *Angele* . . . 52 D
Dispositivi accessori nelle reti a media tensione - *Wesche K.* . . . 65 D

e) dispersioni e interferenze

SUNTI E SOMMARI

Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica - *Hafner H.* . . . 67 D

f) economia ed esercizio - *621.311.1*

SUNTI E SOMMARI

Carico monofase di una rete trifase e la sua compensazione statica - *Hafner H.* . . . 19 D
Regolazione nelle reti per mezzo di trasformatori e condensatori regolabili - *Bornitz E.* . . . 57 D
Regolazione di frequenza e di carico - *August G.* . . 58 D
Regolazione di carico e di frequenza nelle reti - *August G.* . . . 59 D
Punte di carico da parte di grandi utenze - *Gebauer W.* . . . 66
Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica - *Hafner H.* . . . 66-67 D

1. - [illegible]razione e propulsione.

a) questioni generali - *621.33-4*

[illegible]I E SOMMARI

[illegible]elettricità nel traffico - *Pforr W.* . . . 60 D

La questione del sistema per le ferrovie elettriche - *Krohne E.* . . . 67 D
Elettrificazione delle ferrovie francesi - *Chamayou H.* . . . 76 D

c) linee di trasporto e di contatto e interferenze - *621.332*

SUNTI E SOMMARI

Disturbi alle radioaudizioni dovuti alle filovie - *Gerber W. - Meyer de Stadelhofen J.* . . . 68 D

e) materiale mobile - *621.335*

SUNTI E SOMMARI

Funzionamento in parallelo delle macchine a corrente continua nei veicoli - *Hayer K.* . . . 19 D
Comando nelle locomotive delle Strade Ferrate Svizzere - *Süsli H.* . . . 19 D
Le locomotive monofasi delle Ferrovie Svizzere - *Süsli H.* . . . 20 D
Velocità di slittamento dei motori di trazione - *Blondet M.* . . . 92 D

g) locomotori speciali (Diesel-elettrici, ecc.) - *621.335.3*

SUNTI E SOMMARI

Locomotive Diesel-elettriche per la Tailandia - *Annaheim J.* . . . 19 D

m) applicazioni all'aviazione - *621.34.629.13*

SUNTI E SOMMARI

Sul funzionamento in parallelo della macchina per illuminazione e della batteria negli autoveicoli - *Blaich E.* . . . 59 D
L'apparecchiatura elettrica delle automobili americane - *Cristschfield R. M. - Crouse W. H.* . . . 68 D

n) teleferiche, filovie, ecc. - *621.33*

LETTERE ALLA REDAZIONE

Per un esperimento di « elettrificazione stradale » Milano-Paullo-Crema - *Seassaro E.* . . . 219

SUNTI E SOMMARI

Sviluppo delle filovie - *Pferr W.* . . . 20 D

v) varie

LETTERE ALLA REDAZIONE

Una ferrovia metropolitana di cintura in sostituzione della filovia circolare esterna - *Seassaro E.* . . 120

SUNTI E SOMMARI

Comandi elettrici per montapendenze . . . 67 D

42. - Varie.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Marconi e Ferraris nella toponomastica cittadina - *Restelli F.* . . . 172

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Progetti di unificazione UNI . . . 26
Bando di Concorso per il posto di Direttore dell'Ente Autonomo Volturno . . . 145

LIBRI E PUBBLICAZIONI

Industrie e Ubicazioni - *Mauro F.* . . . 47
Dizionario tecnico-industriale - *Albenga G. - Perrucca E.* . . . 48
Elementi di calcolo per macchinario per impianti chimici - *Pastonesi G.* . . . 72
Trattamento siderurgico dei minerali di ferro con particolare riferimento ai processi indipendenti dall'alto forno a coke - *Durrer R.* . . . 146
Terra e Radio nel Cosmo - *Harlan True Stetson* . . 146

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Costi e risultati di esercizio nelle grandi imprese meccaniche a produzione varia - *Ardemani E.* . 147
Un botanico racconta - *Strasburger E.* 147
La refrigerazione e il ricupero del calore perduto - *Guarini E.* 174
Chi vive sulle stelle? - *Papp D.* 200
L'universo è finito o infinito? - *Paronelli F.* 200
Il regolo logaritmico e il suo impiego - *Stella M.* . 200
Scienza delle costruzioni - *Danusso A.* 222
Stampaggio a freddo delle lamiere - *Rossi M.* . . . 222
Il segreto della propulsione a reazione - *Ricci E.* . 248
La formazione dei continenti e degli oceani - *Wegener A.* 249

SUNTI E SOMMARI

Miglioramenti di esercizio nelle Imprese elettriche . 20 D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE VE-ROMA
14 MAG 1946
RIVISTE

1 10-25 GENNAIO 1945
Pubblicato il 20-VI-45 • Vol. XXXII

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Gennaio 1945 N. 1
Pubblicato il 20 Giugno 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA – U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE: R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO – F. NERI - G. SILVA, REDATTORI – M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. – MILANO – VIA SAN PAOLO, 10 – TEL. 13-713 – c/c POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI – GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE

SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 210; UN NUMERO SEPARATO DELL'ANNO IN CORSO: L. 18,– PER I SOCI DELL'A.E.I.; L. 24,– PER I NON SOCI.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Gli errori nelle misure di precisione - Classificazione e terminologia (G. TORZO). . . . . Pag. 1
Il ciclotrone (P. M. COLLA) . . . . . » 19
Lettere alla Redazione: Ancora sull'unificazione delle tensioni (A. GIACOMONI) . . . . . » 26
Notizie e informazioni . . . . . » 26
Libri e Pubblicazioni . . . . . Pag. 26
Dalle Riviste . . . . . » 27
Notizie dell'Associazione:
Necrologio: Ing. A. Mantovani . . . . . » 28
Errata corrige . . . . . » 28

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 1 D

Ripresa.

Il rapido, fortunoso e felice trapasso dall'occupazione tedesca alla tutela alleata, ci ha colti quando il primo fascicolo del corrente 1945 era già in corso di stampa. Le pratiche che si dovettero svolgere per ottenere dal Comando alleato la necessaria autorizzazione alla pubblicazione della Rivista — autorizzazione che ci fu poi concessa senza alcuna restrizione — hanno fatto ulteriormente ritardare la spedizione di questo fascicolo che, intitolato al mese di gennaio, vede di fatto la luce alla fine di giugno. Per eliminare gli inconvenienti di un così grande sfasamento — che ci costringeva a ritardare grandemente la pubblicazione di dati e di notizie anche importanti, per evitare che un giorno si trovasse con sorpresa per esempio nel fascicolo di gennaio la notizia di eventi di qualche mese posteriori — abbiamo deciso di indicare, sulla testata della rivista, oltre al numero ed al « mese » del fascicolo, la data della sua pubblicazione effettiva. A questa ultima dovrà pertanto sempre riferirsi il lettore, per considerare sotto un corretto punto di vista, il contenuto del fascicolo.

Non mancheremo naturalmente di fare ogni sforzo, compatibilmente con le possibilità, oggi assai menomate, della tipografia, per ricuperare progressivamente il ritardo; ma assai probabilmente alcuni mesi dovranno passare prima che la data di pubblicazione, diremo ufficiale, del fascicolo coincida praticamente con quella effettiva, in modo di poter eliminare la doppia datazione che si inaugura con questo fascicolo.

Per l'unificazione della terminologia nel campo delle misure.

Molto ancora rimane da fare per l'unificazione dei simboli e della terminologia ed è da augurarsi che la Commissione mista CNR-UNI-CEI all'uopo creata, e, nei rispettivi più ristretti settori, i vari sottocomitati del nostro CEI, possano presto riprendere i lavori già bene avviati. Oggi intanto il collega Torzo richiama l'attenzione dei lettori sulla necessità di precise convenzioni nei riguardi della terminologia delle misure, nella quale i concetti di precisione (o imprecisione), approssimazione, sensibilità, errore assoluto e relativo, ecc., sono spesso confusi o fraintesi.

LA REDAZIONE.

GLI ERRORI NELLE MISURE DI PRECISIONE - CLASSIFICAZIONE E TERMINOLOGIA

GIORGIO TORZO

Si stabilisce una classificazione degli errori che occorrono in misurazioni di precisione, in base alle loro cause, alla loro natura e al loro modo di influire sul risultato. Nel perseguire codesto fine, vengono trattati per sommi capi i problemi che interessano la teoria degli errori, con un particolare riguardo per taluni concetti che si ritiene meritino di essere chiariti. Così ad esempio i concetti di « errore » *e* « residuo », *di* « coefficiente di lettura » *e* « costante di lettura », *di* « sensibilità » *e* « limite di sensibilità »; *viene trattato anche il problema della composizione dei* « contributi », *apportati dai diversi residui all'* « imprecisione » *del risultato, in relazione al significato che si deve attribuire al* « limite superiore » *del residuo e dell'imprecisione, e si stabilisce che l'imprecisione va calcolata come la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli contributi. Vengono volta per volta proposti i termini che si ritengono più adatti per indicare le diverse entità di cui si tratta, seguendo il criterio di introdurre il minimo numero possibile di convenzioni e di evitare improprietà di linguaggio. Infine si mettono in evidenza talune incongruenze ed inesattezze concettuali, che si incontrano non di rado negli scritti riguardanti misure di precisione, a causa di una terminologia non appropriata.*

Nell'appendice vengono illustrati i concetti esposti con un esempio che descrive come si compiono le misurazioni sulle pile campione presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris.

PREMESSE.

A chi si occupi di misure di precisione ed abbia occasione di consultare i cataloghi di case costruttrici di strumenti e di apparecchi di misura o di leggere articoli che trattino codesti argomenti, vien fatto di notare come la

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mancanza di una classificazione e di una terminologia ufficiali dia luogo ad ambiguità, che interessano spesso non soltanto la forma ma anche la sostanza. Accade così talvolta che il lettore interpreti il concetto in senso assai diverso da quello voluto da chi scrive. La frequenza di tali inconvenienti è tanto maggiore in quanto non vi è in questa materia quasi alcun termine che venga usato da tutti gli autori (e spesso anche da un medesimo autore) con identico significato.

In uno scritto recente [1] è stata rilevata l'opportunità di mettere un po' d'ordine in questo campo ed è stato fatto qualche chiaro benchè sommario accenno ad una classificazione e ad una nomenclatura degli errori. In tale scritto l'Autore si riferisce anche ad un mio precedente articolo [2], in cui avevo incidentalmente sollevata la questione. Credo opportuno precisare che in quel mio scritto non ebbi l'intento di fare una classificazione completa e definitiva, ma soltanto quello di indicare al lettore il significato da me attribuito ad alcuni termini usati nel corso dell'esposizione, che trattava tutt'altro argomento.

Ora, seguendo il cammino tracciato dal professore Barbagelata nell'articolo citato ed approfittando dei suoi insegnamenti, che mi hanno permesso di più chiaramente considerare i diversi aspetti della questione, mi propongo di esporre quali, secondo il mio parere, dovrebbero essere i criteri informatori per fissare una corretta terminologia e mi sforzerò di attenermi a quelle norme che il buon senso indica come fondamentali per rendere accettabile una terminologia. Pertanto eviterò, per quanto sarà possibile, di coniare nuovi termini, cercando di utilizzare quelli che sono già di uso comune e limitandomi a precisare il significato che, a mio avviso, conviene attribuire loro, evitando tuttavia nel modo più assoluto di dare uno stesso nome a grandezze diverse. Per raggiungere questo scopo è necessario prendere sistematicamente in esame, dai punti di vista teorico e pratico, quei problemi che interessano la tecnica delle misure e che riguardano gli errori. In particolare verranno richiamati alla memoria alcuni elementi del calcolo delle probabilità, dei quali mi servirò per classificare gli errori e residui accidentali e per trattare della « composizione dei contributi ».

Prima di entrare nell'argomento prescelto, credo utile fare qualche osservazione in merito a taluni concetti, che non hanno relazione diretta con gli errori, ma dei quali tuttavia è necessario fare uso nel corso della trattazione.

Il termine « misura » viene comunemente usato da altri per indicare sia l'operazione di misura, sia il risultato dell'operazione stessa. Per eliminare l'ambiguità, userò il termine « *misurazione* » nel primo caso e il termine « *risultato della misurazione* » nel secondo; userò il termine « *misura* » soltanto *per compendiare in un solo vocabolo il concetto di « risultato di una misurazione »*.

Gli attributi « assoluto » e « relativo » vengono usati comunemente quando si vuol distinguere un valore numerico indipendentemente dal suo segno algebrico da quello considerato col suo segno; ma vengono anche usati ugualmente per distinguere un valore numerico espresso semplicemente in funzione delle unità di misura della grandezza cui esso si riferisce (valore assoluto), con la quale è omogeneo per le dimensioni, dal medesimo valore espresso frazionalmente (valore relativo) con riferimento ad una grandezza ad esso omogenea, in modo che ne risulta un numero senza dimensioni. Per evitare l'ambiguità, che si manifesta quando i due concetti debbano essere espressi nella stessa frase, userò sempre le espressioni « *valore aritmetico* » e « *valore algebrico* » nel primo caso, « *valore assoluto* » e « *valore relativo* » nel secondo. Il valore algebrico ha dimensioni uguali a quelle del valore aritmetico; il che non avviene per il valore assoluto, nei confronti di quello relativo.

Intendo *misurazioni dirette* (o immediate) quelle in cui il risultato viene fornito direttamente dalla lettura di uno strumento (moltiplicata tutt'al più per un coefficiente di lettura); per esempio: la misurazione di lunghezza mediante il metro, la misurazione dell'intensità di corrente elettrica mediante l'amperometro e così via.

Intendo *misurazioni indirette* (o mediate) quelle in cui il risultato si ricava mediante una formula algebrica, in cui compaiano i risultati di una o più misurazioni dirette; per esempio: la misurazione dell'area di un cerchio dedotta dalla misura del diametro ($A = \pi d^2/4$), la misurazione di corrente elettrica mediante potenziometro, a partire da pila e resistore campione ($I = V/R$).

Fra le misurazioni dirette vanno considerate a parte quelle con metodo di zero, nelle quali il risultato è ancora determinato direttamente da una lettura (moltiplicata per un coefficiente), ma l'operazione di misura comprende la manovra di uno o più organi e la sorveglianza dell'indicatore di zero.

Secondo questa classificazione, le « *misurazioni per confronto* » possono essere sia dirette sia indirette, per esempio la misurazione di lunghezza col metro è una « *misurazione diretta per confronto* », come il semplice confronto fra due pile campione col metodo di opposizione, quando la differenza fra le due f.e.m. sia misurata direttamente col potenziometro; invece, se tale differenza si calcola misurando la corrente capace di generare ai capi di una resistenza una d.d.p. compensatrice, la misurazione per confronto è indiretta. La stessa cosa si può dire circa le « *misurazioni per sostituzione* ». In generale qualsiasi misurazione indiretta può essere resa diretta modificando l'apparecchiatura in modo da renderla capace di fornire il risultato mediante una lettura diretta, senza mediazione di formule analitiche. Taluni autori manifestano invece la tendenza a chiamare dirette le sole misurazioni per confronto diretto e indirette tutte le altre.

Vale la pena di ricordare incidentalmente anche le « *misurazioni condizionate* » [3], nelle quali i risultati di misurazioni diverse (dirette o indirette) sono legati fra loro da relazioni analitiche, che impongono condizioni estranee alle misurazioni stesse; per esempio le misurazioni dei tre angoli di un triangolo, la cui somma è di 180°, il confronto circolare fra diversi campioni materiali di una stessa grandezza (pile campioni, resistori campioni e così via).

1. — Imprecisione delle misure.

Nessuna misura può ritenersi precisa, cioè il risultato numerico, ottenuto mediante una qualsiasi misurazione, è sempre più o meno incerto; il grado di incertezza si può esprimere con un numero che rappresenta, con segno generalmente indeterminato, la differenza valutata fra il risultato ricavato dalla misurazione ed il valore vero incognito della grandezza che si vuol misurare.

Tale differenza è per se stessa una entità non precisa; essa viene valutata dallo sperimentatore, in base ad una critica del metodo e ad una analisi dell'apparecchiatura e dei risultati di misurazioni equivalenti; in generale è superfluo precisare tale valutazione oltre la seconda cifra significativa del numero che la esprime. Quanto più piccola risulta tale differenza, che può essere espressa in valore assoluto, relativo unitario o relativo percentuale, tanto maggiore è l'approssimazione del risultato al valore vero incognito, in stretta relazione con la bontà dei mezzi di indagine e con l'accuratezza delle operazioni di misura.

---

[1] A. BARBAGELATA: *Ancora sul X Ciclo di taratura dell'A.E.I.* « L'Elettrotecnica », 1943, XXX, p. 293.

[2] G. TORZO: *Considerazioni sul X Ciclo di taratura*. « L'Elettrotecnica », 1943, XXX, p. 262.

[3] G. CASSINIS: *Calcoli numerici, grafici e meccanici*. Ed. Marotti-Pacini, Pisa 1928, p. 521.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Si deduce che *il numero, che esprime il risultato di una misurazione, non ha un significato preciso se non è accompagnato da un altro numero, il quale esprima l'incertezza con cui tale risultato deve essere ritenuto valido* (1). È pertanto buona norma di indicare l'imprecisione di un risultato, ogni qualvolta vengono riportati valori numerici.

Nel campo delle misure industriali, per le quali, in generale, non è richiesta una approssimazione molto spinta, tale norma è qualche volta dimenticata; in tal caso si dovrebbe intendere che l'imprecisione dei risultati è trascurabile in relazione alle particolari esigenze dello scopo perseguito. Tale omissione è deplorevole sempre, ma va assolutamente evitata quando si tratti di misure di precisione.

L'espressione numerica dell'incertezza di un risultato è, come si è detto, un'entità imprecisa; il suo segno è quasi sempre indeterminato e della sua ampiezza si sa soltanto che è compresa entro certi limiti con una data « probabilità », la quale, in generale, si fa in modo che sia così grande da poter essere considerata in pratica come « certezza » (vedi capitolo 5°). Tuttavia, anche se non è conosciuto, il suo valore può essere ammesso come esistente in realtà, quale differenza fra il risultato ottenuto dalla misurazione ed il valore vero incognito della grandezza misurata. Tale differenza incognita può acquistare significato concreto quando, mediante una verifica (o serie di verifiche concomitanti), compiuta con approssimazione superiore a quella conseguita nelle misurazioni su cui si basa il precedente risultato, si rilevi in valore e segno l'errore; questo può essere allora sommato, col segno invertito, al risultato precedentemente ottenuto, quale *correzione*; naturalmente anche la correzione, essendo essa stessa il risultato di una misurazione, ammette un grado di incertezza, il cui concetto è bene espresso dal termine « *residuo* ».

Da quanto si è esposto risulta che quasi tutte le entità, comunemente indicate col nome di « *errore* » si possono presentare sotto due forme diverse: l'errore determinabile in valore e segno, che può fornire una correzione, e l'errore di cui l'ampiezza è soltanto valutabile e del quale è ignoto il segno. Allo scopo di evitare confusione, credo opportuno riservare al primo il nome di « *errore* » e al secondo quello di « *residuo* » o « *imprecisione* » secondo i casi. In particolare, per indicare l'incertezza attribuita al risultato della misurazione in corso, userò il termine « *imprecisione del risultato* »; essa, se espressa in valore assoluto, è omogenea per le dimensioni con la grandezza che si misura.

Chiarirò i concetti esposti con qualche esempio, in cui siano usati i termini proposti.

Uno strumento di misura indicatore, di qualsiasi tipo, per le difficoltà inerenti alla costruzione, permette normalmente di eseguire misurazioni per lettura diretta con una imprecisione superiore a quella che ammetterebbero la finezza del dispositivo indicatore e la sensibilità e permanenza dello strumento stesso. L'imprecisione può essere diminuita apportando alla lettura le correzioni ricavate da una tabella o curva di verifica. Così, con un wattometro della classe di imprecisione 0,5, si possono eseguire misurazioni di potenza, nelle quali l'*imprecisione* è del 0,5 % del valore del fondo scala; ma, con una appropriata verifica, si può determinare, per ciascun punto della scala, l'*errore* in valore e segno a meno di un *residuo*.

Se il *residuo* valutato ha ordine di grandezza inferiore a quella dell'*errore*, la curva di correzione consente di ridurre l'imprecisione; se il *residuo* ha ordine di grandezza uguale o superiore a quello dell'*errore*, la verifica non consente alcun vantaggio e servè, nella migliore ipotesi, a confermare o no la classe di imprecisione dello strumento.

Analogamente un trasformatore di corrente della classe di imprecisione *P* consente misure con l'imprecisione di 0,5 % al pieno carico nominale; con una verifica si può tracciarne la curva dell'*errore* di rapporto con un *residuo* del 0,2 % (ed anche minore) per tutti i valori del carico. Per misure normali (per esempio di tipo industriale), generalmente ci si accontenta dell'*imprecisione* garantita dalla classe; ma se si vuole usare il trasformatore per misure più approssimate (per esempio per controllare un altro trasformatore della stessa classe o di classe migliore), l'aliquota di imprecisione ad esso dovuta può essere ridotta al valore corrispondente al *residuo* di verifica.

Qualche volta, nell'esaminare un procedimento di misurazione, ci si imbatte in elementi di incertezza, che a prima vista sembrano partecipare sia della natura dei residui sia di quella degli errori, perchè la loro ampiezza non è nota ma il segno sì.

Per esempio, verificando la taratura di un contatore di energia elettrica a corrente alternata mediante un wattometro elettrodinamico, quando la sorgente di alimentazione non sia perfettamente sinoidale, si compiono errori, dovuti al fatto che, alle frequenze più elevate possedute dalle armoniche, la sensibilità del wattometro rimane quasi invariata, mentre quella del contatore diminuisce fortemente. Il segno di questo errore è sempre positivo.

Un altro esempio si ha quando si voglia dedurre l'ampiezza della fondamentale di una tensione alternata da una misura ottenuta con un voltometro elettrostatico; la presenza di armoniche dà luogo ad un errore sempre positivo.

In codesti casi un attento esame mostra che l'ammontare dell'incertezza considerata, se non è noto, è pur tuttavia determinabile (a meno di residui), ove si conoscano certune caratteristiche dell'apparecchiatura, e che pertanto codesta incertezza rientra nella categoria degli errori, perchè può essere trasformata in correzione. Si noti che, una volta determinato codesto errore ed applicata la correzione al risultato, i residui che permangono hanno segno indeterminato.

2. — Le cause di errore.

Le cause di errore, che possono intervenire nel corso di una misurazione, sono molteplici ed una singola causa può dar luogo ad errori di diversa natura. È opportuno elencare prima le cause e studiare in seguito i loro effetti.

Le principali cause di errore sono le seguenti:

1ª) Una banale disattenzione dell'operatore.

2ª) Un accidentale guasto dell'apparecchiatura.

3ª) L'ignorare o il trascurare sistematicamente una causa agente.

4ª) La non esatta conoscenza del valore caratteristico degli organi dell'apparecchiatura o dei campioni.

5ª) La funzione personale.

6ª) La scarsa sensibilità dell'apparecchiatura.

7ª) I limiti che natura pone al conseguimento di condizioni che, nel corso della misurazione, vengono tuttavia considerate come esattamente attuate; tali limiti sfuggono alla percezione diretta dell'operatore, i loro effetti seguono le leggi del caso.

(1) Sovente viene seguito l'uso di indicare l'incertezza del risultato mediante una particolare grafia del numero: vengono scritte in modo normale tutte le cifre ritenute sicure ed in modo diverso l'ultima, ritenuta incerta; per esempio si scrive $4{,}5478_9$, per indicare che l'incertezza è di qualche unità della quinta cifra decimale. Tale metodo non sembra il più razionale, perchè permette di indicare soltanto l'ordine di grandezza dell'incertezza, mentre in generale può tornare utile precisare il valore numerico dell'incertezza specificandone la prima e talvolta anche la seconda cifra significativa; inoltre con il metodo sopra accennato non si possono esprimere le incertezze in valori relativi, che sono assai più comodi da maneggiare, perchè direttamente confrontabili fra loro.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Fra le cause enunciate mi sembra meritino qualche cenno illustrativo la 1ª e la 6ª.

2.1. - LA FUNZIONE PERSONALE.

In quasi tutte le misurazioni ha parte attiva l'operatore, non soltanto in quanto egli elabora il metodo e predispone l'apparecchiatura, ma anche in quanto egli stesso fa parte, in certo qual modo, dell'apparecchiatura di misura. La partecipazione dell'operatore alla misurazione può essere nulla soltanto se si impiegano apparecchiature completamente automatiche e strumenti registratori; anche in questo caso interviene tuttavia il fattore personale soggettivo, se la registrazione automatica non è fatta da un numeratore, ma mediante un grafico che si debba interpretare.

In certi rami della tecnica delle misure la partecipazione diretta dell'operatore può essere assai importante (misurazioni così dette « *soggettive* » in telefonometria, fonometria e fotometria).

Nel valutare l'imprecisione di un risultato è pertanto necessario tener conto anche degli effetti della funzione personale, che rispecchia l'imperfezione dell'organismo umano a funzionare come strumento di misura.

2.2. - LA SENSIBILITÀ DELL'APPARECCHIATURA.

Nell'uso comune, a causa di una terminologia scorretta, si confondono frequentemente taluni concetti, che, sebbene siano tra loro in stretta relazione, tuttavia sono nettamente distinti: il concetto di *coefficiente di lettura*, il concetto di *sensibilità* ed il concetto di *limite di sensibilità*.

2.2.1. - *Coefficiente di lettura.* — Il coefficiente di lettura o coefficiente di moltiplicazione) è in pratica la grandezza per la quale bisogna moltiplicare una lettura, per ottenere il valore della grandezza che si deve misurare. Fisicamente esso si può intendere come il rapporto fra la grandezza che si vuol misurare, la quale per lo più non è avvertibile dai nostri sensi (corrente elettrica, tensione elettrica, e così via) e la grandezza avvertibile dai nostri sensi (graduazione di una scala) che, attraverso al meccanismo dello strumento o dell'apparecchio, viene ad essere con quella in relazione di corrispondenza biunivoca. Tale rapporto non è necessariamente costante, ma può variare da punto a punto della scala; per ovvie ragioni di comodità, si tende a renderlo costante nei limiti di un campo di misura, usando, ove occorra, artifici quali ad esempio la non linearità della scala. Per la grande maggioranza degli strumenti che si adoperano attualmente, specialmente per usi industriali, il coefficiente di lettura non varia (entro limiti di un campo di misura); in codesti casi esso viene chiamato col nome di « *costante* », (costante di lettura o di taratura o di moltiplicazione); in realtà la sua costanza non è mai rigorosa in quanto sono sempre presenti errori.

La costante ha un significato assai chiaro ed inequivocabile per gli strumenti indicatori (voltometri, amperometri, wattometri, ohmmetri, e così via), per i quali la sua importanza è maggiormente sentita quando si abbiano diverse portate ed una sola graduazione della scala. Tutti sanno che cosa sia la costante di lettura di un voltometro ed in generale di un qualsiasi strumento o apparecchio a lettura diretta. La costante di lettura si ritrova anche in apparecchiature con metodo di riduzione a zero; per esempio in un ponte di Wheatstone, composto di quattro bracci a, b, c, x, disposti in modo che sia:

$$x = c\,\frac{a}{b},$$

il rapporto a/b è una costante di lettura, per la quale si deve moltiplicare la lettura fatta sui quadranti di c, per ottenere il valore di x.

Non è tuttavia infrequente nella pratica il caso in cui l'apparecchio sia costruito con coefficiente di lettura variabile anche nell'ambito di un campo di misura e che il suo impiego richieda l'uso di una « *curva di taratura* » (5) non rettilinea; ciò avviene per molti apparecchi di laboratorio, per esempio per i così detti ondametri, con i quali si misura la frequenza in radiotecnica, per i condensatori e induttori variabili di precisione e così via.

Il coefficiente di lettura (quindi anche la costante, nei casi in cui esso possa essere chiamato in tal modo) va sempre inteso come riferito alle *divisioni* di una scala e soltanto quando questa è lineare esso può essere, come caso particolare, riferito anche alle deviazioni (espresse in unità di lunghezza o in radianti). Le sue dimensioni variano secondo la grandezza che si misura e saranno ampere, volt, ohm per divisione e, soltanto se la scala è lineare, meno propriamente, ampere, volt, ohm per millimetro o per radiante.

Considerando la curva di taratura, si può anche dare una definizione analitica del coefficiente di lettura, il quale risulta essere il *rapporto fra l'ordinata e l'ascissa del punto considerato della curva di taratura* (vedi figura 2).

2.2.2. - *Sensibilità.* — La sensibilità è il *rapporto fra l'incremento di deviazione dell'organo rivelatore ed il corrispondente incremento della grandezza che si misura*; essa quindi si riferisce alle deviazioni e non alle divisioni della scala, perchè la sensibilità è una proprietà dipendente essenzialmente dalla legge fisica su cui si basa il funzionamento dell'apparecchio; la scala può essere comunque variata per scopi particolari senza che la sensibilità ne risulti influenzata. Da ciò si può intendere come la sensibilità interessi più il costruttore che non chi usa l'apparecchio, al quale interessa invece la costante o la curva di taratura.

Considerando il diagramma che porta in ascisse le deviazioni (non le divisioni della scala) ed in ordinate i corrispondenti valori della grandezza che si misura, la sensibilità resta analiticamente definita come l'inverso

(5) La curva di taratura è il diagramma che porta in ascisse le divisioni della scala ed in ordinate i valori corrispondenti della grandezza che si misura; essa è ottenuta per interpolazione di rilievi sperimentali, i quali di per sè determinano una spezzata. Spesso si fa in modo che la curva di taratura risulti una retta uscente dall'origine e in conseguenza costante il coefficiente di lettura: ciò si può ottenere tracciando opportunamente la scala in base a rilievi sperimentali, oppure in base alla conoscenza della legge fisica, su cui si fonda il funzionamento dello strumento. Mediante verifica sperimentale si può rilevare la « *curva di correzione* » (che coincide con la « *curva di errore* » quando si inverta il segno delle ordinate), diagramma che porta in ascisse le divisioni della scala e in ordinate le *correzioni* da apportare alle letture fatte sulla scala. Tale curva è determinata in ogni suo punto a meno di un *res.duo*, cosicchè la curva di correzione è in realtà meglio sostituita da una striscia, limitata da due spezzate, simmetriche rispetto alla curva sperimentale, la cui ampiezza è uguale al doppio del residuo di verifica; il residuo può essere diverso da punto a punto ed il suo valore percentuale diminuisce generalmente al crescere delle deviazioni (vedi fig. 1).

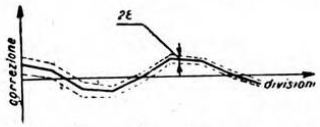


Fig. 1. — Curva di correzione di uno strumento indicatore. ε = residuo (imprecisione della misura di verifica). Affinchè la curva di correzione possa avere una reale utilizzazione pratica, è necessario che ε sia di ordine inferiore rispetto alla correzione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

della derivata di tale curva, nel punto considerato. Nel caso particolare in cui la scala sia lineare, la curva suddetta ha lo stesso andamento che ha la curva di taratura. Spesso nella letteratura tecnica e nei cataloghi, quando la scala sia lineare ed inoltre la curva di taratura sia una retta uscente dall'origine, si considera il coefficiente di lettura (in tal caso costante) come identico all'inverso della sensibilità; ciò non è esatto in nessun caso, poichè la costante è riferita alle *divisioni* della scala, mentre la sensibilità è riferita alle *deviazioni* (espresse in millimetri oppure in unità angolari).

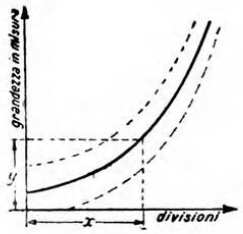


Fig. 2. — Curva di taratura di uno strumento.

Si è ammesso che ad essa siano state apportate le correzioni ricavate dalla verifica. Le linee tratteggiate delimitano la zona di incertezza, dovuta al residuo di verifica. Il coefficiente di lettura è $K = y/x$.

2.2.3. - *Limite di sensibilità.* — Si definisce con questo termine il *minimo valore incrementale della grandezza che si misura, capace di provocare sull'organo rivelatore una deviazione sicuramente apprezzabile.* Tale grandezza dipende in vario modo dalle qualità intrinseche dell'apparecchiatura (tra le quali la sensibilità) e dall'apprezzamento soggettivo dell'operatore; sotto questo secondo punto di vista è legata alla funzione personale. Appare per essa giustificato il nome di « *limite di sensibilità* » o « *limite di insensibilità* » (i due termini si equivalgono, perchè indicano entrambi il confine comune dei due campi di grandezze percettibili ed impercettibili) (6). Per le dimensioni esso è omogeneo con la grandezza che si misura.

È codesta la grandezza che entra direttamente nel computo dell'imprecisione del risultato, rappresentando l'influenza su questa della sensibilità dell'apparecchiatura; essa ha pertanto la natura di un residuo: se ne tratterà più diffusamente nel capitolo successivo parlando degli errori; per ora basti avere stabilito una chiara distinzione fra i concetti di « *coefficiente di lettura* » (in particolare di « *costante di lettura* ») e di « *sensibilità* », che sono proprietà fisiche strumentali e come tali nettamente oggettive, ed il concetto di « *limite di sensibilità* » che ha natura di residuo, in parte oggettivo, in parte soggettivo.

Si può ancora notare che negli apparecchi in cui la curva di taratura è una retta uscente dall'origine, la costante di lettura è una caratteristica il cui valore rimane stabilito quando si progetta l'apparecchio, in relazione all'intervallo di misura che si vuole coprire, senza relazione alcuna con la *bontà* dell'apparecchio.

Invece l'apparecchio è in ogni caso tanto più pregiato, quanto più è sensibile e quanto più piccolo è il limite di sensibilità, a pari ampiezza dell'intervallo di misura. Se per certuni strumenti, come i galvanometri, la costante di lettura è nella pratica corrente direttamente collegata con la bontà, ciò dipende dal fatto che essi vengono usati per lo più come indicatori di zero, in apparecchiature complesse; in tal caso la costante di lettura dell'apparecchio non dipende da quella del galvanometro, la quale invece contribuisce direttamente a stabilire il limite di sensibilità del metodo. Nell'uso comune viene qualche volta scorrettamente chiamata sensibilità la costante dei galvanometri (o a volte anche il suo inverso), mentre attualmente a nessuno vien fatto di chiamare sensibilità la costante di un wattometro.

3. — Caratteristiche degli errori e dei residui e loro classificazione.

Consideriamo ora i vari tipi di errori e di residui, cercando di classificarli secondo le loro caratteristiche:

I° – Errori grossolani { personali / strumentali

II° – Errori e residui sistematici { del metodo / strumentali / del campione / personali

III° – Limite di sensibilità { personale / strumentale

IV° – Errori e residui accidentali (personali e strumentali).

3.1. - ERRORI GROSSOLANI.

Essi sono dovuti a banali disattenzioni dello sperimentatore o ad accidentali guasti dell'apparecchiatura, in generale alterano il risultato in modo così notevole da rivelare subito la loro presenza; ma possono anche avere ampiezza ridotta e confondersi con quelli che in seguito verranno trattati col nome di « *errori accidentali* », dai quali in tal caso è assai difficile separarli; essi rivelano allora la loro presenza per l'alterazione che apportano alla serie di « *scarti dalla media di risultati equivalenti* », che risulta non essere più una « *serie normale* » (vedi paragrafo 3.4, nota 14).

Nel caso più tipico, cioè quando sono facilmente individuabili, si possono valutare in ampiezza e segno (a meno di un residuo) e non entrano nel computo dell'imprecisione del risultato, perchè generalmente l'osservazione che ne è affetta viene scartata.

3.2. - ERRORI E RESIDUI SISTEMATICI.

Sono caratterizzati dal fatto che, in una serie di misure equivalenti, essi si ripetono *sistematicamente con la stessa ampiezza e con lo stesso segno.* La loro presenza non si può quindi avvertire in base al confronto fra risultati equivalenti, ottenuti con la stessa apparecchiatura e dallo stesso operatore, ma talvolta dal confronto fra risultati ottenuti con metodi diversi, oppure mediante un esame critico del metodo seguito, o mediante un accurato studio dell'apparecchiatura.

Fra gli errori e residui sistematici si considerano i seguenti.

3.2.1. - *Errori e residui sistematici del metodo.* — Sono dovuti all'aver trascurato, nell'elaborazione del metodo, l'effetto di qualche causa agente. Per esempio, nella determinazione dell'ohm assoluto, fatta presso il NBS nel 1936, era stato trascurato l'effetto della capacità verso terra di una parte dell'apparecchiatura; nel 1938 la misura venne ripetuta dagli stessi sperimentatori ma con una nuova apparecchiatura; il risultato venne confrontato con quello precedentemente ottenuto, dopo che a questo fu apportata la correzione inerente all'errore sistematico, individuato a posteriori (7).

E ancora, nelle misurazioni su campioni di resistenza

(6) La denominazione fu già proposta da A. FERRARI-TONIOLO: *I ponti schermati di precisione.* « Rassegna P.T.T. », 1934, VI, p. 256.

(7) H. L. CURTISS, C. MOON AND C. M. SPARKS: *A determination of the absolute ohm, using an improved self-inductor.* « J. Res. N.B.S. », 1938, XXI, p. 375.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mediante doppio ponte, quando si voglia raggiungere un elevato grado di approssimazione, è necessario tener conto della resistenza che presentano i terminali di corrente del campione e anche della distribuzione della corrente entro di essi (8); se si trascurano questi elementi, si trascurano errori e residui sistematici di metodo, che rendono illusoria l'approssimazione valutata per il risultato.

Altri due esempi, che illustrano questo tipo di errore, sono quelli riportati alla fine del capitolo 1, nei quali la causa agente trascurata era la presenza di armoniche.

3.2.2. - *Errori e residui sistematici strumentali.* — Fra gli organi di una apparecchiatura di misura ve ne sono sempre alcuni, la cui grandezza caratteristica si suppone nota e sulla cui conoscenza si basa la deduzione del risultato della misurazione. Tale conoscenza non è assoluta; essa è il risultato di un'altra misurazione e come tale ammette un certo grado di incertezza, il cui effetto si ripercuote sul grado di incertezza spettante al risultato della misurazione in atto.

Riferendomi alla terminologia precedentemente introdotta, dirò che, per ciascuno strumento tarato dell'apparecchiatura, vi ha un « *valore nominale* » (generalmente scritto sull'apparecchio stesso), garantito a meno di un « *residuo strumentale* » (di cui è dato il valore aritmetico, cioè con segno indeterminato). Un certificato di taratura, oppure un'operazione di verifica, può ridurre codesto residuo col fornire l'« *errore strumentale* » (in valore algebrico, cioè col suo segno), in base al quale si può « *correggere* » il valore nominale. Resta in ogni caso un residuo strumentale, il cui effetto contribuisce, con altri analoghi, a formare l'imprecisione del risultato della misurazione in atto.

Così, per esempio, nelle misurazioni con metodo di ponte, il risultato si determina in funzione, fra l'altro, del valore della resistenza dei bracci di rapporto e la sua imprecisione dipende anche dal residuo strumentale di questi.

È bene richiamare fin d'ora l'attenzione affinchè non si confondano tra loro il « residuo » ed il « contributo » del residuo all'imprecisione del risultato; sebbene a volte un dato residuo, se espresso in valore relativo, possa coincidere numericamente con il suo contributo all'imprecisione del risultato. Osservo ancora che la grandezza, la quale, riferendosi alla misurazione in atto, si è indicata col termine « residuo », è a sua volta l'« imprecisione » del risultato nella misurazione di verifica dello strumento considerato. Più avanti questi concetti verranno meglio chiariti.

3.2.3. - *Errori e residui sistematici del campione.* — Hanno natura assai simile a quella delle entità precedentemente considerate: il campione di riferimento può infatti essere considerato parte dell'apparecchiatura; tuttavia non è male classificarle separatamente, poichè nella pratica si presentano spesso come entità numeriche distinte. Val per esse quanto si è detto circa gli errori e i residui strumentali; vi saranno pertanto: *errore del campione* (se espresso in valore e segno), *residuo del campione* (se noto soltanto come limite superiore), *correzione del campione* (eguale all'errore col segno cambiato) e vi sarà il contributo del residuo del campione all'imprecisione del risultato.

Vi hanno misure, nelle quali l'errore e il residuo del campione non esistono; ad esempio quando lo scopo della misurazione è il puro confronto fra due campioni equivalenti o resi tali con opportune cifre di merito. Nei laboratori degli Istituti Ufficiali, il volt e l'ohm internazionali vengono definiti ciascuno come il valore medio delle grandezze caratteristiche di un certo numero di campioni materiali; il valore medio viene valutato mediante misurazioni di puro confronto, per le quali non avrebbe significato alcuno parlare di residuo del campione, nel valutare l'imprecisione del risultato.

3.2.4. - *Errori e residui sistematici personali.* — Essi sono dovuti alla funzione personale, dipendono cioè dall'abilità e dall'addestramento dell'operatore, nonchè dalle sue condizioni fisiche e psichiche. In molti casi, ammettendo che restino costanti le condizioni oggettive dell'apparecchiatura e dell'ambiente e quelle soggettive dell'operatore, si può ritenere che l'errore dipendente dalla funzione personale si ripeta con ampiezza e segno costanti e possa perciò essere classificato fra gli errori sistematici. Ad esempio accade a volte che lo sperimentatore debba leggere, ad un dato segnale, l'indicazione di uno strumento, mentre essa varia più o meno rapidamente; a prescindere dal residuo di lettura vero e proprio, che è legato al limite di leggibilità, la misura sarebbe esatta soltanto se fosse nullo il tempo che intercorre fra l'istante in cui viene emesso il segnale e l'istante in cui l'operatore eseguisce la lettura; invece la percezione del segnale e la propagazione degli stimoli lungo le vie nervose richiedono un certo tempo, diverso secondo la persona, secondo il suo addestramento e secondo le sue condizioni fisiche e psichiche.

Un esempio simile al precedente si ha quando l'operatore misura un intervallo di tempo, operando la messa in moto e l'arresto di un cronometro; in questo caso, se le condizioni oggettive e soggettive all'inizio e alla fine della misurazione restassero le stesse, il ritardo alla fine compenserebbe esattamente quello all'inizio.

Un terzo esempio, assai più complesso, è fornito dalle misurazioni con galvanometro balistico. In queste, come è noto, l'operatore deve valutare il valore massimo della deviazione dello strumento; egli osserva l'indice durante la fase ascendente, fino all'inizio di quella discendente e *ricorda* il valore massimo raggiunto; se il periodo del galvanometro è abbastanza lungo e lo smorzamento è sufficientemente debole, l'occhio si abitua a seguire l'indice durante la fase ascendente e può cogliere con discreta facilità l'istante in cui il moto si inverte. Ma se il galvanometro funziona da flussometro, cioè con forte smorzamento, la fase ascendente è assai rapida e quella discendente assai lenta; in tal caso la perturbazione psichica, provocata dall'improvviso moto dell'indice, fa sì che la percezione dell'avvenimento avvenga con qualche ritardo: l'osservatore si rende conto di quanto è avvenuto quando l'indice è già nella fase discendente, la valutazione del valore massimo avviene sempre a posteriori e rimane affetta da un errore (positivo o negativo), che sarebbe costante in valore e segno per ciascun operatore, quando fossero costanti le condizioni oggettive e soggettive.

In generale non si può contare sulla costanza delle condizioni soggettive, perciò nella valutazione dell'imprecisione del risultato, il residuo sistematico personale va trattato come un residuo accidentale.

3.3. - LIMITE DI SENSIBILITÀ.

Quando, per una singola misurazione, si voglia valutare l'incertezza del risultato, dipendente dalla sensibilità, si deve valutare numericamente l'entità di cui deve variare la grandezza che si misura, affinchè la variazione stessa diventi sicuramente apprezzabile (9). Codesta entità coincide con il limite di sensibilità (o di insensibilità), quale è stato più sopra definito.

Si può avere un limite di sensibilità personale e un limite di sensibilità strumentale.

(8) M. ROMANOWSKI: *Les étalons de resistence électrique et leur comparaison par une variante du pont double.* « R.G.E. », 1940, XLVIII, p. 41.

(9) H. B. BROOCKS: *The accuracy of commercial eletrical measurements.* « Transaction A.I.E.E. », 1920, XXXIX, p. 495.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

3.3.1. - *Limite di sensibilità strumentale.* — Esso è diverso da zero quando la corrispondenza fra le deviazioni dell'organo rivelatore e le variazioni della grandezza che si misura non è esattamente biunivoca e continua. Per esempio negli strumenti indicatori l'attrito dei perni costituisce una coppia resistente (più grande allo spunto), che deve essere vinta dalla coppia motrice affinchè l'indice si muova, indipendentemente dalla coppia antagonista della molla a spirale, su cui si basa la taratura dello strumento.

In uno strumento composto di rotismi ad ingranaggi (per esempio un orologio), quando esiste un dispositivo di innesto, la deviazione che corrisponde a un dente della ruota di innesto costituisce un limite alla finezza della lettura, indipendentemente dalle possibilità di apprezzamento della scala ([10]).

Negli strumenti indicatori ben costruiti, codesto limite di sensibilità strumentale è trascurabile rispetto alle possibilità di apprezzamento o può essere reso tale ad esempio con lievi vibrazioni meccaniche impresse giudiziosamente all'apparecchio, per rendere più facile l'assestamento del sistema mobile. Negli strumenti con sospensione a nastro, come sono i galvanometri più sensibili, l'inconveniente non sussiste.

3.3.2. - *Limite di sensibilità personale.* — Esso dipende dalla funzione personale, nel caso specifico dall'abilità dello sperimentatore nel valutare l'indicazione; hanno sensibile influenza su di esso (ma sempre in relazione con le qualità soggettive dell'operatore) anche talune caratteristiche dell'apparecchiatura, per esempio la finezza dell'organo indicatore e delle divisioni della scala. Si è usato l'appellativo « *personale* » per distinguerlo da quello trattato precedentemente, che è puramente strumentale. Per analogia col limite di sensibilità, indichiamo col termine « *limite di leggibilità* » la minima deviazione dell'organo rivelatore apprezzabile sicuramente, espressa in divisioni della scala. Per osservatori diversi, a parità delle condizioni oggettive, è diverso il limite di leggibilità; mentre, per uno stesso osservatore, esso dipende dalle qualità oggettive offerte dallo strumento e dalle condizioni generali di ambiente (illuminazione, rumori e così via).

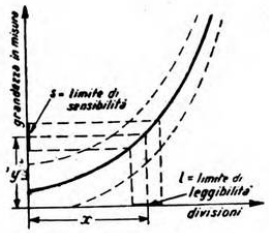


Fig. 2 *bis*. — Curva di taratura di uno strumento.
l = limite di leggibilità, s = limite di sensibilità personale; si ha $s = l \times dy/dx$.

È possibile per ciascun strumento o apparecchio e tenendo presenti le condizioni soggettive dell'osservatore, stabilire volta per volta il limite di leggibilità ([11]); allora il limite di sensibilità personale risulta definito dal *prodotto del limite di leggibilità per la derivata della funzione della curva di taratura* nel punto considerato della scala (vedi fig. 2 *bis*).

Nel caso particolare (assai frequente nella pratica) in cui la curva di taratura sia una retta uscente dall'origine, il limite di sensibilità personale è uguale al prodotto del limite di leggibilità per la costante di lettura.

In generale il limite di sensibilità strumentale va combinato con quello personale e codesta combinazione costituisce il *limite di sensibilità totale o complessivo* o più brevemente il *limite di sensibilità*.

Il limite di sensibilità totale è notevole negli strumenti indicatori a lettura diretta, per le difficoltà inerenti alla costruzione. La parte dipendente dall'attrito dei perni (limite di sensibilità strumentale) è generalmente trascurabile, se lo strumento è ben costruito; non così la parte che dipende dall'apprezzamento consentito all'operatore dalla scala e dall'indice (limite di sensibilità personale). Ad esempio se la scala è di tipo normale a specchio con 150 divisioni, ammettendo che il limite di leggibilità sia di 1/5 di divisione, l'incertezza di lettura, espressa in percento del valore di fondo scala, è di 0,13 circa; tale valore è già notevole per gli strumenti della classe 0,2, eccessivo per gli strumenti della classe 0,1, per i quali è opportuno adottare una scala più finemente divisa (per esempio la scala ticonica).

Invece, per le apparecchiature più complesse, munite di galvanometro con metodo di riduzione a zero (ponte, potenziometro), nella massima parte dei casi non vi sono ragioni tecniche che impongano una limitazione alla sensibilità, perciò questa va prevista lievemente esuberante, in modo da rendere evanescente il residuo che da essa dipende. Va osservato che la sensibilità non deve essere eccessiva, altrimenti può riuscire non soltanto inutile, ma anche dannosa, perchè accresce le difficoltà di lettura; per questo nella pratica è in generale previsto, nei metodi di riduzione a zero, un organo di regolazione, che, agendo sulla costante del galvanometro, regola la sensibilità dell'apparecchiatura.

Il limite di sensibilità si può valutare a priori, come il residuo sistematico, mediante un esame che, in questo caso, riguarda non solo l'apparecchiatura ma anche l'operatore. Nelle misure di precisione i migliori risultati si ottengono quando la sua ampiezza è intermedia fra l'ampiezza dell'« errore accidentale medio » e quella del « residuo accidentale » ([12]). Naturalmente ciò non vale nei casi in cui i residui sistematici siano così forti da rendere trascurabili quelli accidentali.

3.4. — ERRORI E RESIDUI ACCIDENTALI.

Se una qualsiasi misurazione viene ripetuta parecchie volte dallo stesso operatore, con la stessa apparecchiatura, in condizioni che, per quanto sta nella facoltà dell'operatore stesso, possano essere ritenute equivalenti, si ottengono risultati che tuttavia differiscono più o meno fra loro. Ciò dimostra che, supposto nullo ogni errore sistematico, ciascuna misura è tuttavia affetta da un errore, che viene detto *errore accidentale*.

Circa le cause degli errori accidentali, si può immaginare la loro natura in linea di massima, ma non se ne può individuare singolarmente l'entità, nè prevedere (o constatare) i casi in cui ciascuna di esse agisce o non agisce. I loro effetti si possono considerare come effetti dei limiti che natura pone al conseguimento di condizioni, le quali nel corso delle misurazioni vengono considerate esattamente attuate.

([10]) G. TORZO: *Contasecondi di precisione*. « Alta Frequenza », 1941, X, p. 763.

([11]) In un galvanometro con indice luminoso, con scala a un metro di distanza, divisa in millimetri, il limite di leggibilità si può considerare 1 mm e qualche volta anche 0,5 mm; l'uso del cannocchiale con reticolo può ridurre tale limite a 0,2 mm. In uno strumento indicatore con indice meccanico e scala a specchio si può apprezzare anche 1/10 di divisione; nei moderni strumenti con indice luminoso e scala incorporata (galvanometri, wattometri e così via) si può apprezzare una deviazione ancora più piccola.

Negli indicatori di zero, quando si possa con semplice manovra invertire i collegamenti del galvanometro, il limite di leggibilità si riduce alla metà.

([12]) Vedi quanto è detto alla fine del paragrafo 3.4 e alla fine del paragrafo 4.3.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il fatto, constatato in innumerevoli esperienze, che la distribuzione degli scarti di numerose misure equivalenti dalla loro media aritmetica segue la legge normale delle probabilità (legge di Gauss), che sia cioè una « *successione tipica a dispersione normale* », deve ritenersi una conseguenza del numero grandissimo delle cause e dall'essere queste tutte di efficacia comparabile [13].

Per quanto non sia possibile, come si è detto, valutare quantitativamente in modo attendibile l'entità delle cause, tuttavia si può indagare circa la loro natura. Si osserva allora che, come per il limite di sensibilità, anche per l'errore accidentale vi è un aspetto oggettivo o strumentale ed un aspetto soggettivo o personale.

Le cause strumentali sono legate all'« *efficienza* » di tutta l'apparecchiatura; per esempio, nel campo delle misure elettriche, la bontà dei contatti dei commutatori e dei giunti del circuito, la stabilità delle sorgenti di alimentazione, l'effetto di correnti d'aria, della luce solare o elettrica sulla distribuzione della temperatura, l'effetto di vibrazioni meccaniche, l'effetto induttivo di variazioni di corrente elettrica (per esempio il passaggio di un tram nelle vicinanze), e così via; contribuiscono altresì a determinare gli scarti tutte le cause note ed ignote che rendono scomoda ed incerta la lettura.

Va notato che, a differenza di quel che avviene per il residuo sistematico, ha influenza qui l'*efficienza* dell'apparecchiatura, ma non l'incertezza con cui sono note le grandezze caratteristiche dei suoi organi.

Le cause personali sono anche esse assai varie e dipendono dalla « *perizia* » dello sperimentatore, intesa come efficienza personale di tutto l'organismo, ivi compresa la capacità di dominarsi e di imporsi la calma necessaria nel momento in cui viene eseguito il rilievo sperimentale.

Per esempio, quando si debbano verificare contatori di energia elettrica installati in impianti industriali, capita sovente che il carico sulla linea sia fortemente instabile; se non si dispone di un contatore campione, ma soltanto di wattometri, è necessario valutare l'indicazione media di questi strumenti durante il tempo (da 30 a 60 secondi), impiegato dall'equipaggio mobile del contatore a compiere un determinato numero di giri; per facilitare la misurazione, l'operatore che osserva il contatore e manovra il cronometro scandisce il tempo di misura dividendolo in intervalli uguali, mentre un altro operatore valuta, per ciascun intervallo, la elongazione media del wattometro e la registra; quindi si calcola la media aritmetica delle registrazioni. La valutazione delle medie parziali è, per le condizioni in cui si opera, fortemente incerta e soggettiva; per ottenere risultati buoni è necessario un notevole addestramento.

Nelle misure telefonometriche, fonometriche e fotometriche la funzione personale è spesso un elemento di capitale importanza, a volte oggetto esso medesimo di indagine. Per ridurre il residuo accidentale personale non è infrequente che si impieghino per tali misurazioni squadre di operatori, che si alternano nelle varie operazioni con rotazione prestabilita.

Nelle misurazioni di grande approssimazione, quando si spinga fortemente l'acutezza dei mezzi di indagine, così da rendere evanescenti gli errori dovuti ad altre cause, si può notare come l'abilità e l'addestramento dell'operatore influiscano fortemente sull'errore accidentale; poichè, ripetendo diverse volte la stessa misurazione, in condizioni ritenute equivalenti, avviene che gli scarti dei singoli risultati dalla loro media si riducano progressivamente a mano a mano che lo sperimentatore prende pratica dell'apparecchiatura; essi aumentano con la stanchezza e risentono dello stato di nervosismo.

A differenza degli errori e residui trattati precedentemente, i quali si possono valutare anche a priori in base ad una critica del metodo o ad un esame dell'apparecchiatura, gli errori e residui accidentali si possono valutare soltanto a posteriori, esaminando la frequenza degli scarti delle misure ripetute e giovandosi del calcolo delle probabilità [14].

---

[13] Un noto teorema di LAPLACE, la cui dimostrazione fu successivamente perfezionata dal CEBYCEFF e quindi dal LIAPOUNOFF, si può così riassumere: « *Se una variabile casuale è la somma di più variabili casuali indipendenti, tutte dello stesso ordine di grandezza, che variano secondo leggi ignote intorno ai rispettivi valori medi, gli scostamenti della variabile somma dal proprio valore medio ubbidiscono alla legge normale della probabilità* ». Da tale enunciato si può dedurre il seguente asserto: « *Le valutazioni quantitative di un fenomeno, che sia conseguenza di un gran numero di piccole cause ignote di efficacia comparabile, seguono, nelle loro oscillazioni intorno al valore medio, la legge normale delle probabilità* ». Su codesta affermazione e sul postulato empirico della legge del caso, che lega la frequenza alla probabilità (*la frequenza di un evento fortuito in una serie di esperienze, fatte nelle stesse condizioni, tende, al crescere del numero di queste, ad un limite che è uguale alla probabilità dell'evento*), si basa la teoria matematica degli errori accidentali. (Vedi G. CASTELNUOVO: *Calcolo delle probabilità*. Ed. Dante Alighieri, Roma, 1919, pp. 3 e 129).

[14] Coloro che non hanno molta dimestichezza col calcolo delle probabilità e che tuttavia desiderano conoscere su quali elementi si basano le considerazioni che concludono questo capitolo troveranno nella presente nota qualche accenno, che si è cercato di rendere il più conciso possibile, rimandando per maggiori dettagli ai testi citati nella bibliografia.

Per applicare correttamente i procedimenti e le formule del calcolo delle probabilità, è necessario disporre di un numero di dati sperimentali sufficientemente grande, affinchè la frequenza (empirica) possa essere ritenuta sufficientemente approssimata alla probabilità (teorica).

La legge normale delle probabilità è espressa dalla formula di Gauss:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} ,$$

il cui diagramma è illustrato in fig. 3. Nel nostro caso codesta formula fornisce la probabilità y che una singola misura abbia dal valore vero lo scarto $\pm x$ (che può essere espresso in valore assoluto relativo o percentuale). La validità di tale formula per la distribuzione degli errori accidentali è dimostrata, qualora siano valide le seguenti ipotesi, che sono in verità assai poco restrittive: 1ª) ogni errore proviene dal concorso di un grandissimo numero di piccole cause indipendenti, ciascuna delle quali, ove agisse da sola, produrrebbe un minuscolo « errore elementare », variabile in grandezza e segno secondo circostanze ignote o mal note; 2ª) tutti gli errori elementari sono (in valore aritmetico) inferiori ad un certo limite; 3ª) i loro valori quadratici medi superano tutti uno stesso numero positivo sia pur piccolo.

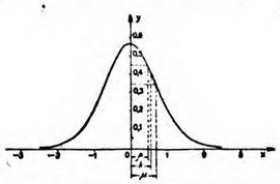


Fig. 3. — Curva di Gauss o delle probabilità per $h = 1$. k = scarto mediano; μ = scarto quadratico medio; ϱ = scarto probabile.

Infine è bene ricordare che la formula di Gauss è una formula approssimata il cui « resto » è trascurabile quando il numero dei dati di cui si dispone sia abbastanza grande. (Vedi G. CASTELNUOVO, *loc. cit.*, pag. 77, 211 e 212).

In base al postulato empirico della legge del caso (vedi nota 12), al posto della probabilità che si presenti un dato valore dello scarto, si può considerare la « *frequenza* » con cui quel valore di scarto si è presentato (cioè il numero di volte che codesto valore di scarto si è presentato, diviso per il numero totale degli scarti che le prove ripetute hanno messo a disposizione). In tale modo la curva di Gauss può essere tracciata empiricamente per punti, sempre che si disponga di un numero di dati sperimentali sufficientemente elevato.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Se una misurazone è stata ripetuta n volte in condizioni equivalenti, la media aritmetica dei risultati rappresenta il valore più attendibile della grandezza cercata (per quanto riguarda gli errori accidentali). Il *residuo accidentale*, cioè l'incertezza da attribuire in più o in meno alla media aritmetica, in conseguenza delle cause di errore accidentale, è uguale a *3 volte lo scarto quadratico medio teorico che compete alla media aritmetica*, in

---

L'andamento della curva di Gauss dipende dal parametro h; il quale si presta assai bene per definire l'accuratezza con cui sono stati eseguiti i rilevi sperimentali; infatti più h è elevata, più acuta è la forma della curva di Gauss, cioè più grandi sono la probabilità teorica e la frequenza empirica degli scarti di un dato valore rispetto a quelle degli scarti più forti. Il parametro h è stato chiamato « *modulo o coefficiente o misura della precisione* »; secondo i criteri esposti più avanti, sarebbe meglio chiamare codesto parametro « *modulo o coefficiente o misura della approssimazione* ».

A noi interessa maggiormente conoscere non la probabilità che si presenti un dato valore di scarto, ma la probabilità che tale valore non venga superato nell'eseguire una misurazione. Codesta probabilità è data dall'area limitata dalla curva di Gauss, dall'asse delle ascisse e dalle due ordinate aventi rispettivamente per ascissa $-x$ e $+x$ (l'unità di misura della probabilità in codesta valutazione è data dall'area totale racchiusa fra la curva e l'asse delle x; si ha infatti la certezza completa che lo scarto sia compreso fra $-\infty$ e $+\infty$, è dunque: $\int_{-\infty}^{+\infty} y\,dx = 1$).

Hanno particolare importanza tre valori caratteristici dello scarto: lo *scarto mediano* $\varepsilon = \Sigma\,|s|\,/n$ (media dei valori aritmetici degli scarti), lo *scarto quadratico medio* $\mu = \sqrt{(\Sigma\,s^2\,/n}$ (radice quadrata della media dei quadrati degli scarti) e lo *scarto probabile* ϱ (quello che si ha uguale probabilità di superare e di non superare nel fare una singola misurazione). Con riferimento alla curva di Gauss, ε è l'ascissa del baricentro dell'area compresa fra metà della curva e l'asse delle ascisse, ϱ è l'ascissa la cui ordinata divide l'area di cui sopra in parti uguali e μ è l'ascissa del punto di flesso della curva.

Questi tre valori dello scarto sono legati al parametro h della curva di Gauss dalle tre relazioni:

$$h = \frac{1}{\varepsilon\sqrt{\pi}} \quad ; \quad h = \frac{1}{\mu\sqrt{2}} \quad ; \quad h = \frac{0{,}4769}{\varrho}$$

Le formule indicate sono esatte nel caso teorico in cui gli scarti siano valutati rispetto al valore vero della grandezza che si misura; nella pratica, poichè il valore vero è incognito, si considera al suo posto il valore più attendibile, che, per una serie di misure equivalenti, è verosimilmente rappresentato dalla media aritmetica (sebbene ciò non sia teoricamente dimostrato in modo rigoroso).

La valutazione di ε e di μ è immediata; il valore di ϱ si determina disponendo gli scarti dalla media in ordine di grandezza aritmetica e scegliendo quello che occupa il posto medio nella successione.

Se nelle formule sopra indicate si usano per ε, μ e ϱ i valori empirici riferiti alla media, si ottengono per h tre valori generalmente non uguali, la serie di osservazioni si può considerare « normale » se i tre valori trovati per h sono poco diversi; se invece i tre valori risultano molto diversi, la serie è « anormale », cioè le misure che costituiscono la serie non sono tra loro equivalenti; le differenze esistenti fra i risultati risentono di qualche causa agente, la cui efficacia è preponderante rispetto alle altre.

Rimane in tal modo accertata l'eventuale presenza di *errori grossolani*, anche quando la loro ampiezza sia così piccola da non renderli evidenti a prima vista (vedi paragrafo 3.1). Questo metodo, basato sul confronto fra ε, μ e ϱ, per giudicare circa la normalità o meno di una serie, è accennato dal CASSINIS a pagina 493 e 510 del volume citato in nota (3). Il metodo, assai spiccio e suggestivo, è per altro indeterminato, in quanto non insegna come distinguere il « poco » dal « molto » nel valutare la diversità fra i tre valori ottenuti per h. In realtà non è possibile giudicare con criteri matematicamente rigorosi la normalità di una serie di risultati equivalenti, se non si conosce il valore vero della grandezza misurata, il quale permetta di calcolare il « *coefficiente di dispersione* ». Nel nostro caso il valore vero è incognito e pertanto, qualsiasi metodo si segua allo scopo (e ve ne sono che permettono una analisi più dettagliata), si giudica sempre in base a criteri soggettivi, in cui serve di guida l'esperienza personale.

Fra le grandezze ε, μ, ϱ, ricordate più sopra, la più importante è lo *scarto quadratico medio* μ; esso possiede alcune interessanti proprietà.

Si dimostra (Teorema di Bienaymè-Cebyceff; vedi G. CASTELNUOVO, *loc. cit.*, nota 12, pag. 48) che, per una qualunque legge di distribuzione degli scarti, la probabilità che un singolo scarto dalla media sia in valore aritmetico inferiore a t volte lo scarto quadratico medio (dove t è un numero qualsiasi maggiore di 1) è superiore o uguale a $1 - 1/t^2$. Per esempio la probabilità che lo scarto sia inferiore a tre volte lo scarto quadratico medio ($t = 3$) è maggiore o eguale a 0,889.

Ciò è vero indipendentemente dalla legge seguita dalla distribuzione degli scarti; ma per le successioni tipiche a dispersione normale, le quali seguono la legge di Gauss, la probabilità che lo scarto di una singola misura sia inferiore al triplo dello scarto quadratico medio è circa 0,997, valore che, nella massima parte dei casi può essere considerato come « *certezza pratica* ».

Giova qui ricordare che lo scarto quadratico medio calcolato empiricamente non coincide generalmente con quello teorico; indicando con μ quello teorico e con μ' quello empirico, si dimostra che (vedi G. CASTELNUOVO, *loc. cit.*, p. 223):

$$\mu = \mu'\left(1 \pm \frac{\theta}{\sqrt{2n}}\right),$$

in cui θ è una funzione che può essere ritenuta uguale o inferiore a 2 ed n è il numero dei dati sperimentali, che servirono a calcolare μ'. Nei calcoli in cui si usi il coefficiente di sicurezza t, occorre pertanto usare:

$$\mu < \mu'\left(1 + \sqrt{\frac{2}{n}}\right).$$

Questa proprietà fornisce un criterio pratico per giudicare se un risultato possa essere considerato « *anomalo* » (vedi paragrafo 3.1); se il suo scarto dalla media è superiore al triplo dello scarto quadratico medio, calcolato in base ai rimanenti risultati di cui si dispone, esso può essere scartato; infatti la probabilità che esso non sia anomalo è dell'ordine del 3 per 1000 circa.

Un'altra proprietà dello scarto quadratico medio è quella di essere minimo, quando gli scarti sono computati rispetto alla media aritmetica delle misure; codesta proprietà convalida il criterio di considerare la media aritmetica di misure equivalenti quale il valore più plausibile della grandezza misurata (G. CASTELNUOVO, *loc. cit.*, nota 12, pag. 248).

Una volta calcolato lo scarto quadratico medio di una serie di n misure equivalenti, esso diventa una caratteristica di quella serie, attribuibile a ciascuna misura in quanto appartenente alla serie stessa. In virtù di quanto si è detto prima, lo scarto effettivo di una qualsiasi misura della serie è, con « *certezza pratica* », inferiore (in valore aritmetico) al triplo dello scarto quadratico medio teorico.

Come si è considerato lo scarto quadratico medio di una singola misura (cioè: che compete ad ogni singola misura della serie), si può considerare anche lo scarto quadratico medio della media aritmetica delle n misure μ_m; basta infatti pensare di aver eseguito r serie di n misure ciascuna, tutte equivalenti, e di calcolare lo scarto quadratico medio della nuova serie composta delle r medie aritmetiche. Codesta entità si può calcolare anche conoscendo una sola serie di n misure equivalenti, perchè è dimostrato che lo scarto quadratico medio della media di n misure equivalenti è uguale a $1/\sqrt{n}$ volte lo scarto quadratico medio di una singola misura.

Si è così in grado di determinare i limiti entro i quali, con « *certezza pratica* », è compreso lo scarto effettivo della media aritmetica di n misure equivalenti dal valore vero incognito (cioè il « residuo accidentale » da attribuire alla media); basta moltiplicare per $3/n\,(1+\sqrt{2/n})$ la radice quadrata della somma dei quadrati dei singoli scarti. Infatti, ammesso che la probabilità di non essere superato, spettante al triplo dello scarto quadratico medio teorico sia abbastanza grande per essere considerata certezza pratica, si ha:

residuo accidentale
$$3\,\mu_m = 3\,\frac{\mu}{\sqrt{n}} < 3\,\frac{\sqrt{\quad}\,(1+\sqrt{2/n})}{\sqrt{n}} =$$

$$= \frac{3}{n}\left(1+\sqrt{\frac{2}{n}}\right)\sqrt{\Sigma\,s^2}\,.$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quanto è dimostrato che la differenza fra la media aritmetica ed il valore vero incognito della grandezza si può ritenere con « *certezza pratica* » inferiore a codesto numero. Indicando con s_1, s_2,... s_n gli scarti delle n misure dalla loro media aritmetica, con μ lo scarto quadratico medio che compete ad una singola misura della serie, con μ_m lo scarto quadratico medio teorico che compete alla media aritmetica, si ha:

$$\text{residuo accidentale} = 3\,\mu_m = 3\frac{\mu}{\sqrt{n}} \leqslant \frac{3}{n}\left(1+\sqrt{\frac{2}{n}}\right)\cdot\sqrt{\Sigma s^2}$$

Il concetto di « errore accidentale » nel senso dato in questo scritto al termine « errore », si ricava considerando che, quando si esegue la media aritmetica fra n misure equivalenti, si opera una « correzione »; ciascuna misura della serie è affetta da un errore accidentale che viene alla luce eseguendo la media e questa rimane affetta dal residuo accidentale.

Pertanto l'*errore accidentale* è rappresentato, per ciascuna misura della serie, dal suo scarto dalla media aritmetica e lo scarto mediano ($k = \Sigma\,|s|\,/n$) ne rappresenta bene l'ammontare medio da attribuire alla media aritmetica stessa.

Concludendo, se si è eseguito un solo rilievo sperimentale, nulla si può dire circa l'errore accidentale, se invece si sono eseguiti un numero sufficientemente alto di rilievi in condizioni equivalenti, si può, operando la media aritmetica, correggere l'errore accidentale a meno di un residuo accidentale.

4. — Contributi dei residui all'imprecisione del risultato.

Dopo aver esaminato le cause ed i diversi tipi di errori e di residui, consideriamo le entità che rappresentano ciascuna l'apporto di un determinato residuo all'imprecisione del risultato. Come si è già accennato, esse non coincidono necessariamente con i residui stessi; ciò avviene sempre soltanto per il limite di sensibilità e per il residuo accidentale. È opportuno pertanto stabilire un termine per indicare codeste « particelle di imprecisione », che sono in definitiva gli ultimi effetti sul risultato delle diverse cause di errore. Le chiameremo « *contributi* » dei residui all'imprecisione.

4.1. - Errori grossolani.

Essi non hanno influenza sull'imprecisione valutata, perchè o sono avvertiti ed allora vengono eliminati completamente ripetendo la misurazione, oppure non sono avvertiti ed allora non se ne può tener conto nel ricavare l'imprecisione del risultato, il quale in tal caso, insieme con detta imprecisione, è completamente falso.

4.2. - Errori sistematici.

Essi, come si è visto, possono essere valutati a meno di residui e trasformati in correzioni. L'applicazione delle correzioni e la determinazione dei contributi dei residui dipendono dalle formule algebriche, che esprimono il risultato in funzione dei dati sperimentali.

Il residuo sistematico non è necessariamente omogeneo con l'imprecisione; il residuo sistematico strumentale e quello del campione hanno le stesse dimensioni delle grandezze caratteristiche degli organi dell'apparecchiatura, cui si riferiscono; mentre l'imprecisione ed i contributi dei residui ad essa hanno le stesse dimensioni della grandezza che si misura, che non sempre sono uguali alle precedenti. Per esempio, mediante un circuito di ponte, si può misurare l'induttanza di una bobina, operando la regolazione di un condensatore variabile campione; in tal caso il residuo assoluto del campione ha le dimensioni di una capacità, mentre il suo contributo all'imprecisione del risultato ha le dimensioni di una induttanza.

Può accadere che numericamente il valore relativo o percentuale del residuo coincida con quello del suo contributo all'« imprecisione », come accade evidentemente nelle misurazioni dirette.

Per esempio il residuo dell'errore del metro campione dà luogo, in una misura diretta di lunghezza, ad un contributo all'imprecisione espresso percentualmente dalla stessa cifra che esprime percentualmente il residuo del campione; mentre nella misurazione indiretta dell'area di un cerchio dà luogo ad un contributo, il cui valore percentuale è doppio (15).

4.3. - Limite di sensibilità e residui accidentali.

Il limite di sensibilità è omogeneo con la grandezza che si misura ed entra direttamente nel computo dell'imprecisione, come risulta dalla definizione stessa che si è data per esso. La stessa cosa si può dire per i *residui accidentali*.

Nella valutazione dell'imprecisione, il limite di sensibilità va trattato in modo particolare; quando si disponga di un solo dato sperimentale o comunque di un numero di dati sperimentali troppo esiguo per consentire l'applicazione delle leggi di probabilità, nel valutare l'imprecisione del risultato si deve tener conto separatamente del limite di sensibilità come si deve tener conto di residui sistematici; infatti anche il limite di sensibilità può essere determinato a priori, in base all'analisi dell'apparecchiatura ed alla funzione personale dello sperimentatore. In tale caso non si può dare alcun giudizio circa gli errori accidentali. Ma quando si vogliono conseguire approssimazioni assai elevate ed a questo scopo si è curato meticolosamente ogni organo dell'apparecchiatura, è necessario valutare anche l'entità degli errori accidentali e ridurne il residuo, con la mediazione di numerose misure equivalenti. In questo caso il limite di sensibilità si associa naturalmente agli errori accidentali; tenendo conto di questi si tiene automaticamente conto anche di esso e sarebbe errato computarlo una seconda volta separatamente. Del limite di

---

(15) Sia $y = f(a_1, a_2, \ldots a_n)$ la relazione che lega la grandezza y che si vuol misurare ai valori numerici $a_1, a_2, \ldots a_n$ ricavati sperimentalmente; indico con $C_{a1}, C_{a2}, \ldots C_{an}$, rispettivamente i contributi dei residui all'imprecisione di ciascun rilievo sperimentale; allora il contributo Cy_a all'imprecisione del risultato finale di un generico residuo, attraverso al dato sperimentale a che lo riguarda, è:

$$Cy_a = C_a \frac{\partial f(a_1,\ a_2,\ \ldots,\ a_n)}{\partial a}$$

(tutte le grandezze espresse in valore assoluto).

Nella misurazione dell'area di un cerchio, la relazione che lega la misura indiretta dell'area alla misura diretta del diametro è:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2\ ;$$

il contributo del residuo R_m del metro campione all'imprecisione della misura diretta del diametro (R_m espresso in valore relativo) è in valore relativo uguale al residuo stesso, in valore assoluto al prodotto del residuo per la lunghezza del diametro:

$$C_{dm} = R_m\, d \text{ metri.}$$

Il contributo del residuo del campione all'imprecisione della misura dell'area è in valore assoluto:

$$C_{Am} = C_{dm}\frac{\partial A}{\partial d} = 2\,R_m\frac{\pi}{4}d^2$$

metri quadrati e in valore relativo:

$$\frac{C_{Am}}{A} = 2\,R_m\,,$$

cioè il doppio del precedente.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sensibilità si deve tener conto separatamente soltanto se non si tiene conto degli errori accidentali.

Si debba ad esempio misurare un intervallo di tempo mediante un normale cronometro a bilancere, la cui lancetta si muova a scatti, separati da intervalli di 0,2 secondi ciascuno ed il cui quadrante sia diviso in quinti di secondo. Il limite di sensibilità è in tal caso di 0,2 secondi. Se la prova è stata eseguita una sola volta, nel valutare l'imprecisione della misura di tempo, si deve tener conto tra l'altro che, all'istante in cui la lancetta è stata arrestata, essa poteva aver appena eseguito uno scatto, oppure essere in procinto di eseguire lo scatto successivo oppure ancora poteva trovarsi in una qualsiasi delle infinite situazioni intermedie; un analogo ragionamento si può fare considerando la partenza. L'incertezza che ne consegue nel risultato è in questo caso uguale al doppio del limite di sensibilità e non si hanno elementi per valutare il residuo accidentale. Se invece si sono eseguiti numerosi rilievi in condizioni equivalenti e si è calcolata la media, il residuo accidentale è dato dal triplo dello scarto quadratico medio della media ed in esso è compreso il contributo del limite di sensibilità, che incide su ogni singola misura.

Si può ora comprendere perchè nelle misurazioni di precisione il valore più opportuno per il limite di sensibilità sia compreso fra l'ampiezza dell'errore accidentale medio (inteso come scarto mediano k) e quella del residuo accidentale; infatti il renderlo più piccolo del residuo accidentale non permette di ridurre l'imprecisione del risultato, mentre peggiora la maneggevolezza dell'apparecchiatura; d'altra parte, se il limite di sensibilità è notevolmente più grande dell'errore accidentale medio, riesce difficile l'apprezzare differenze fra misure equivalenti e quindi la mediazione non migliora il risultato.

5. — Composizione dei contributi dei residui.

Una volta determinati separatamente i valori numerici dei contributi all'imprecisione, dovuti alle diverse cause di errore, è necessario comporli opportunamente per ricavare l'effetto complessivo, il quale costituisce l'imprecisione da attribuire al risultato stesso.

Si possono seguire due vie. Una è quella di considedare i singoli contributi come « *limiti superiori* » e di calcolare il limite superiore dell'imprecisione sommando semplicemente i valori aritmetici dei singoli contributi. Oppure si possono considerare i singoli contributi in relazione alla probabilità di ciascuno di non essere superato e comporli secondo le regole dettate dal calcolo delle probabilità; si ottiene in tal modo un valore dell'imprecisione, al quale compete ugualmente una determinata probabilità di non essere superato. Il secondo metodo fornisce un valore dell'imprecisione che può essere notevolmente inferiore a quello che si ottiene seguendo il criterio di « tenersi al sicuro ».

Ad un primo esame si può forse provare qualche diffidenza verso un metodo basato sulla probabilità [16] e sentirsi più propensi verso quel sistema che promette l'allettante miraggio della sicurezza.

In primo luogo si noti che considerando i singoli contributi come fossero realmente « limiti superiori » (il che non è vero in nessun caso, come si vedrà) e prendendo la loro somma per esprimere numericamente l'imprecisione del risultato, si viene a supporre che le cause di errore possano agire tutte con segno concomitante e tutte con la massima intensità. Codesta ipotesi è così improbabile da potersi considerare praticamente impossibile; tuttavia il metodo della somma avrebbe il pregio grandissimo di fornire la « certezza matematica » che la differenza fra la misura e il valore vero incognito della grandezza misurata sia inferiore o uguale in valore aritmetico all'imprecisione calcolata.

Ma in realtà codesta certezza matematica non si può raggiungere mai, perchè nessun residuo sperimentale è, in senso assoluto, un « limite superiore ». Tale asserto non richiede dimostrazione per i residui accidentali, i quali sono legati alla probabilità dalla legge di Gauss, e si riconosce facilmente vero anche per gli altri, quando si consideri che qualsiasi tipo di residuo ha origine da combinazioni di residui accidentali.

Consideriamo infatti ad esempio un residuo sistematico del campione; lo sperimentatore può averne notizia leggendolo su di un certificato di garanzia, oppure controllando personalmente il campione; in entrambi i casi il residuo in oggetto proviene dalla valutazione dell'imprecisione di una misura, la quale imprecisione risulta composta da residui sistematici e da residui accidentali. Per ciascuno di questi residui sistematici si può fare un ragionamento analogo e si può così idealmente risalire a passo a passo le serie di misurazioni successive, il cui risultato finale fornisce il valore nominale del campione considerato e l'imprecisione che gli viene attribuita. Si arriva così alle varie misurazioni di partenza, eseguite con riferimento a campioni assoluti, per le quali non vengono in conto errori sistematici, ma soltanto errori accidentali.

Pertanto, per tutti i residui, compresi quelli definiti come sistematici (i quali sono invece spesso considerati erroneamente come *veri* limiti superiori), esiste la possibilità di essere inferiori alla reale differenza fra il valore vero incognito e quello considerato valido dallo sperimentatore.

Pertanto il principio di causalità fallisce in questo campo, non perchè sia errato ma perchè non abbiamo mezzi per applicarlo.

La conclusione a cui si è giunti porta ad una estensione della indeterminazione delle misure. Quando si esegue una misurazione di qualsiasi tipo, non soltanto non ci si può aspettare di ottenere un risultato « preciso », ma non ci si può aspettare nemmeno di poter stabilire in modo « preciso » limiti entro i quali sia contenuta l'imprecisione.

La prima parte di questa osservazione è facilmente accessibile all'intuito e si collega al principio generale di indeterminazione. Il perfezionamento dei mezzi d'indagine, che si può concettualmente pensare illimitato, non consentirà di sfuggire a tale principio, perchè qualsiasi misurazione fisica importa una certa perturbazione nell'oggetto osservato, per parte degli strumenti di misura, e tale perturbazione sarà tanto più sentita quanto più si avanzerà nella finezza dell'indagine.

La seconda parte dell'osservazione si può anche dedurre dalla prima come corollario, perchè la determinazione dei residui stessi è oggetto di misurazioni fisiche.

Il concetto di probabilità offre un filo conduttore, che ci serve di guida dove non arriva il concetto di causalità. Il risultato di una misurazione va considerato come un elemento tratto da una serie infinita di misure equivalenti, il valore medio delle quali, ove fossero tutte note ci fornirebbe il valore vero della grandezza misurata. In realtà il numero di misure equivalenti di cui si dispone non è infinito, ma limitato; per cui il risultato, ricavato quale media di esse, è diverso dal valore vero. La critica del metodo, l'analisi dell'apparecchiatura e di quei risultati equivalenti di cui si è venuti in possesso permettono di valutare la probabilità che la differenza fra il risultato ottenuto ed il valore vero incognito sia inferiore ad un li-

---

[16] Il portare in conto la probabilità in misure di precisione non deve destare eccessivi sospetti; è noto infatti che tutti i processi irreversibili della fisica sono retti da leggi statistiche; ad esempio il secondo principio della termodinamica si può enunciare nel modo seguente: « tutte le modificazioni fisiche o chimiche di uno stato decorrono in media in modo tale da aumentare la probabilità dello stato ». (MAX PLANCK: *La conoscenza del modo fisico*; traduzione di E. Persico, Ed. Einaudi, Torino, 1943, p. 71).

Vedi anche: L. GEYMONAT: *Il concetto di probabilità*, « Il Saggiatore », 1940, I, p. 320. - L. GEYMONAT: *L'indeterminismo nella fisica moderna*, « Il Saggiatore », 1941, II, p. 8.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mite prefissato; oppure di valutare l'ampiezza di codesto limite alla quale competa una predeterminata probabilità. Il perfezionamento dei mezzi di indagine consente di aumentare la probabilità che la differenza sia compresa entro i limiti prefissati; oppure, prefissato il valore della probabilità, di ridurre la corrispondente ampiezza dei limiti di incertezza.

Quando codesta probabilità sia presa abbastanza grande da potersi considerare come « *certezza pratica* », il corrispondente limite di incertezza si può considerare come un « *limite superiore* » ed è questa l'interpretazione che si deve dare alla locuzione: « *limite superiore del residuo o dell'imprecisione* ».

I residui sistematici apportano al risultato della misurazione in atto gli effetti delle imprecisioni di misure precedenti, le quali sono pure ottenute dalle mediazioni di risultati tolti idealmente da serie infinite di equivalenti.

Chiariti questi punti, diviene subito evidente che per comporre gli effetti delle diverse cause di errore onde valutare l'imprecisione di una misura, esiste una sola via: quella indicata dal calcolo delle probabilità. Il contributo di ogni singolo residuo va considerato come una variabile casuale, della quale è noto, in qualità di « limite superiore », il multiplo secondo il coefficiente t [17] del valore quadratico medio. L'imprecisione del risultato è la variabile casuale somma delle variabili casuali considerate; il suo valore quadratico medio (moltiplicato per lo stesso coefficiente di sicurezza t) fornisce il « limite superiore dell'imprecisione ». Il calcolo delle probabilità dà una semplice formula [18], la quale ha anche il pregio di essere valida indipendentemente dalla legge seguita dalle variabili casuali componenti. Secondo tale formula *il limite superiore dell'imprecisione ε è uguale alla radice quadrata della somma dei quadrati dei limiti superiori C dei singoli contributi.*

$$\varepsilon = \sqrt{\Sigma C^2}.$$

Applicando codesta formula si presuppone che a tutti i valori numerici ottenuti per i contributi dei singoli residui spetti una medesima probabilità di non essere superati; tale ipotesi è lecita se essi sono dati tutti come « limiti superiori », cioè tutti con una probabilità così grande da potersi considerare come « certezza pratica »; allora anche al valore dell'imprecisione, calcolato con la formula indicata, spetta una uguale probabilità di non essere superato, cioè anche tale valore va considerato quale limite superiore nel senso che si è indicato più sopra.

La semplice somma dei contributi porta ad un valore numerico dell'imprecisione più grande, al quale spetta naturalmente una più grande probabilità di non essere superato; ma tale aumento, rispetto al valore fornito dalla formula indicata, non è giustificato più che non lo sia un qualsiasi aumento fatto senza metodo alcuno.

6. — Difetti e incongruenze di locuzioni comunemente usate.

Nelle pagine che precedono ho cercato di classificare gli errori in base alle loro caratteristiche e di stabilire una nomenclatura appropriata, indicando i terminî che, a mio parere, si debbono usare e come si debbono usare.

Per rendere il lavoro più proficuo, credo opportuno accennare ora ad alcune locuzioni che si incontrano sovente nella letteratura tecnica e che, a mio parere, non si debbono usare, perchè o non rispettano la proprietà del linguaggio, o vengono usate con significato non unico, oppure sono addirittura in contrasto con la realtà delle cose e dei fatti.

Qualche autore chiama « *sensibilità* » il limite di sensibilità, « *approssimazione della misura* » la somma del limite di sensibilità e dei contributi dei residui sistematici strumentali e « *precisione del risultato* » la somma delle entità sopra indicate più il contributo del residuo del campione. A tale terminologia sembrami si possano fare le osservazioni esposte nei seguenti quattro paragrafi.

6.1.

Non è opportuno che vengano attribuiti al termine « *sensibilità* » due significati diversi per concetto e per natura, quali sono la proprietà o qualità fisica di uno strumento e l'incertezza che deriva dalla deficienza di tale qualità; tanto più che le due grandezze, che stanno fra di loro come causa ed effetto, vengono spesso nominate insieme nel linguaggio tecnico e sono rappresentate da numeri diversi, con dimensioni diverse.

6.2.

Non è necessario fissare convenzionalmente uno speciale termine, quale: « *approssimazione della misura* », per indicare la somma dei contributi di due fra i vari tipi di residui che affettano il risultato di una misurazione; è sufficiente esistano termini atti ad indicare i singoli tipi di residui. Si deve osservare a questo proposito che, per quanto nella locuzione in oggetto si parli di « misura » col significato di « misurazione », in sostanza la grandezza in gioco è il « risultato » della misurazione: raro esempio in cui i due concetti comunemente (ed infelicemente) attribuiti alla parola « misura », vengono a trovarsi confusi nella stessa locuzione contemporaneamente; la locuzione è chiara perchè è chiaro quello che essa sottintende; la cifra che vien chiamata « approssimazione della misura » non è altro che la differenza, valutata in un particolare modo, fra il valore numerico ottenuto con la misurazione (quindi: il risultato della misurazione) ed il valore vero incognito, quando sia trascurato il residuo del campione.

Pertanto tale locuzione è poco appropriata e non necessaria ed in conseguenza inopportuna, poichè è certamente consigliabile ridurre al minimo indispensabile il numero delle convenzioni da introdurre.

6.3.

Non è opportuno che i termini « *sensibilità* », « *approssimazione* », « *precisione* » vengano direttamente usati per indicare entità numeriche, le quali variano in ragione inversa alla grandezza di cui il termine stesso esprime il concetto. A chi non sia già assuefatto per uso inveterato a questa inversione del concetto logico, riesce in effetto poco simpatico dire ad esempio: « *l'approssimazione dell'1 % è maggiore dell'approssimazione del 10 %* », dato che 1 è minore di 10; nè in generale è consigliabile sancire ufficialmente una cattiva definizione soltanto in omaggio all'uso inveterato.

Volendo usare il termine « *approssimazione* » in modo corretto, si deve ad esempio dire: « l'approssimazione del risultato è del 99 % », per indicare che l'imprecisione è dell'1 %; ma in tal modo è possibile esprimere l'entità numerica soltanto in valore relativo e non in valore assoluto; inoltre tale espressione risulta incomoda quando l'imprecisione sia piccola (all'imprecisione di 1,5 su 10^5 corrisponde l'approssimazione di 99,9985 %).

6.4.

Il termine « *precisione* » non è consigliabile per indicare direttamente il numero che esprime una incertezza,

---

[17] Secondo quanto si è detto nella nota 14, il coefficiente di sicurezza t è un numero grande abbastanza affinchè, moltiplicando per esso il valore quadratico medio (la cui probabilità di non essere superato è circa 0,6826), si ottenga un valore, al quale competa una probabilità di non essere superato così grande da potersi considerare « certezza pratica »; in generale è sufficiente porre $t = 3$, la probabilità è in tal caso circa 0,9973. Nel caso presente non interessa fissare un valore per t, basta ammettere che esso sia uguale per tutti i contributi che si debbono comporre.

[18] Vedi G. CASTELNUOVO, *loc. cit.*, nota 12, pag. 38 e 120.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

perchè lascia adito a formali contraddizioni col significato letterale della parola, il quale è assoluto ed esclude qualsiasi incertezza (le misure non sono mai precise, sono sempre più o meno approssimate). A questo riguardo vale la pena di osservare che il termine « precisione » viene promiscuamente usato con due significati diversi, nessuno dei quali è corretto; il primo è quello cui si è testè accennato e che correttamente viene espresso col termine « imprecisione »; il secondo significato è quello che risulta da locuzioni come: « scarsa precisione », « maggiore precisione » e così via, che si incontrano ovunque negli scritti tecnici. Questo secondo significato è concettualmente opposto al primo ed è espresso in modo corretto dal termine « approssimazione », al quale bene si adattano attribuiti come: « grande, maggiore, massima » e « piccola, minore, pessima ».

In omaggio all'uso inveterato si può tollerare che nel discorso si adoperino in senso lato espressioni come: « *misura di precisione* », in cui il termine incriminato viene usato soltanto in qualità di attributo, ma non si dovrebbe ammettere che si indichi con questo termine direttamente un'entità numerica, la cui natura non è limpidamente rappresentata dal significato della parola.

6.5. - Il vocabolario I.E.C.

Per quanto riguarda il concetto di sensibilità, il vocabolario I.E.C. (19) dà le definizioni di due grandezze: « la costante di un apparecchio di misura » e la « sensibilità » (assoluta o relativa), con le quali è in accordo quanto è esposto in questo scritto, poichè la prima viene riferita alle divisioni della scala e la seconda alle deviazioni.

Si può tuttavia osservare che la definizione della costante, data dal vocabolario I.E.C., non è esente da difetti; sarebbe più conveniente arrivare alla definizione di « costante » attraverso alla definizione di « coefficiente di lettura ».

A tali definizioni sarebbe opportuno fra l'altro aggiungere altre due, quella di « *limite di leggibilità* » e quelle di « *limite di sensibilità* ».

6.6. - L'uso dei termini: « sensibilità », « costante » e « limite di sensibilità ».

Nella pratica l'uso segue diverse tendenze; qualche casa costruttrice di galvanometri adopera correttamente il termine « costante » (20); qualche altra indica sia la costante sia la sensibilità, dando erroneamente ai due termini due significati inversi tra loro (21); altri invece chiama impropriamente sensibilità quella che in realtà è la costante (22); questo errore si ritrova anche in scritti che danno relazione di misurazioni eseguite in laboratorio. Taluni chiamano sensibilità una grandezza che tien conto dell'apprezzamento soggettivo e che rassomiglia perciò a quella che in questo scritto ho chiamato limite di sensibilità.

Se ci si proponesse di fissare una terminologia ufficiale, sarebbe opportuno scegliere le grandezze che veramente servono e chiamarle con nomi appropriati. In questo caso le grandezze che servono in realtà sono la *costante di lettura* (al cui concetto si arriva attraverso a quello di coefficiente di lettura, quando la curva sia una retta uscente dall'origine), la *sensibilità* ed il *limite di sensibilità*. La prima che è una proprietà fisica dell'apparecchio, interessa sia il costruttore sia lo sperimentatore e deve figurare nei cataloghi; la seconda, che è anch'essa una proprietà fisica dell'apparecchio, interessa principalmente il costruttore, mentre chi usa l'apparecchio ne può fare a meno; la terza, che ha natura di un residuo e coinvolge apprezzamenti soggettivi, è necessaria al tecnico delle misure, quando voglia valutare l'imprecisione dei risultati, e deve essere lui a determinarsela.

Osservo a questo proposito che, nel descrivere esperienze e nell'esporre i risultati, è doveroso indicare non tanto la sensibilità quanto il limite di sensibilità; cioè è doveroso indicare esplicitamente le possibilità di apprezzamento, offerte dall'apparecchiatura usata a chi eseguì le misurazioni (possibilità che sono in generale diverse da persona a persona). Per esempio non basta dire che in una misurazione di resistenza la deviazione di una divisione sulla scala del galvanometro è provocata dalla variazione di 10 $\mu\Omega$ del resistore in prova, se non si dice anche quale frazione di divisione lo sperimentatore sia capace di apprezzare sulla scala del galvanometro; secondo l'efficienza del sistema indicatore e secondo l'abilità dell'osservatore, il limite di leggibilità può variare nel rapporto di 1 a 10, in conseguenza il limite di sensibilità (cioè l'incertezza che affetta il risultato, per la sola influenza della sensibilità del metodo) rimane incerto.

Concludendo, nelle relazioni che descrivono misurazioni di precisione, quando si voglia rendere conto della sensibilità del metodo, si deve riportare il valore numerico che in questo scritto è stato chiamato « *limite di sensibilità* » (o limite di insensibilità); altri dati possono interessare, ma non sono nè indispensabili nè sufficienti a stabilire la sensibiltà del metodo.

7. — Conclusione.

La terminologia proposta nel presente scritto adotta i termini « *limite di leggibilità* » e « *limite di sensibilità* », che furono già adoperati da altri, e introduce le sole convenzioni di usare il termine « *errore* » unicamente per indicare entità definite in ampiezza e segno (l'opposto di « *correzione* »), il termine « *residuo* » unicamente per indicare entità con segno indeterminato e della cui ampiezza si valuta soltanto il « limite superiore » (cui compete una probabilità di non essere superato così grande da potersi considerare « certezza pratica ») e di riservare il termine « *imprecisione* » a indicare il numero che esprime l'incertezza del risultato della misurazione in atto. Viene inoltre mostrata l'opportunità di dare un proprio nome (*contributi*) a quelle grandezze che rappresentano le « particelle di imprecisione », dovute ai diversi residui. Tali criteri sono illustrati dalla seguente frase: « *nell'eseguire una misurazione si compiono errori, che possono essere corretti a meno di certi residui; l'imprecisione del risultato si ottiene componendo i contributi di tali residui secondo le leggi del calcolo delle probabilità* ».

Per il resto la terminologia proposta si limita ad interpretare la realtà dei fatti, cercando di evitare le improprietà di linguaggio.

Ringrazio i superiori e colleghi dell'I.E.N.G.F., in particolare il professore Giancarlo Vallauri per la benevola attenzione e la paziente critica, i professori Carlo Chiodi, Paolo Lombardi e Andrea Ferrari-Toniolo per le fruttuose discussioni e per i preziosi consigli.

8. — Appendice.

Le argomentazioni teoriche, che mirano a fissare norme, definizioni, e terminologie per l'uso pratico, non possono riuscire abbastanza persuasive se non sono corredate da un esempio, nel quale ogni concetto, ogni definizione ed ogni termine trovi la sua applicazione pratica.

---

(19) Nominativo 20-40-010: « *Sensibilité absolue*: Rapport de l'acroissement de la variable observée à l'acroissement correspondent de la quantité à mesurer ». - Nominativo 20-40-020: « *Costante d'un appareil de mesure*: Quotient de la grandeur mesurée par l'indication observée, c'est à dire valeur de cette grandeur rapportée à une division de l'échelle ».

(20) Cataloghi della casa Allocchio e Bacchini e della casa Siemens.

(21) Catalogo della casa Hatmann e Braun: Sammeliste 39, Band I, pag. 82.

(22) Catalogo della casa Leeds e Northrup, 1939.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Come esempio descriverò come si fanno le misurazioni di precisione sulle pile campione [23] presso il laboratorio Campioni dell'Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris.

8.1. - IL METODO.

La verifica di una pila campione viene eseguita confrontando la sua f.e.m. con il valore medio di un gruppo di quattro esemplari che costituiscono il campione primario del laboratorio. Il confronto viene materialmente fatto con uno degli esemplari del gruppo, al cui valore nominale siano state apportate le opportune correzioni, come si vedrà in seguito.

Nelle misurazioni si segue il metodo di opposizione, usando un circuito il cui schema è illustrato in fig. 4. La pila in esame P_x viene posta in opposizione col campione di

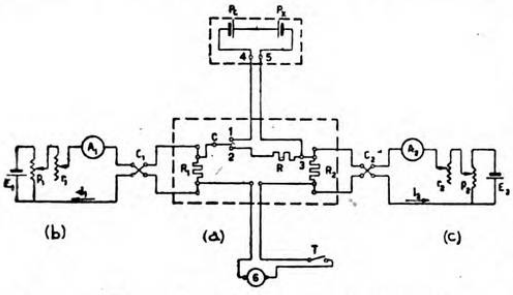


Fig. 4. — Schema elettrico del comparatore per il confronto fra pile campione.

Circuito principale di opposizione $[a]$: $R_1 = 0{,}01\ \Omega$; $R_2 = 0{,}001\ \Omega$; $R = 300 \div 1000\ \Omega$.

Circuito ausiliario per la compensazione della f.e.m. differenziale $[b]$: $E_1 = 2$ V; $p_1 = 50\ \Omega$; $r_1 = 10\ \Omega$; A_1 = milliamperometro da 3 mA fondo scala.

Circuito ausiliario per la compensazione delle forze termoelettromotrici di contatto $[c]$: le caratteristiche dei suoi organi sono identiche a quelle del circuito $[b]$.

riferimento P_c nel circuito principale (a), in serie col galvanometro G; la differenza fra le due f.e.m. viene compensata mediante la caduta di tensione, provocata nella resistenza R_1, dal passaggio della corrente I_1, fornita dalla pila E_1, regolata dal potenziometro p_1 e dal reostato r_1 e misurata dal milliamperometro A_1; codesta corrente può essere invertita col commutatore C_1, secondo il segno della differenza di potenziale da compensare. Con un secondo circuito ausiliario (c) vengono compensate le forze termoelettromotrici di contatto, che possono essere presenti nel circuito principale (a). Prima e dopo ciascuna misurazione l'apparecchiatura viene messa a punto con una operazione preliminare, che si fa sostituendo, mediante il commutatore C, alle due pile campione la resistenza R, avente approssimativamente un valore uguale alla somma delle resistenze interne delle due pile; si regola quindi la corrente I_2 nel secondo circuito ausiliario, fino a che la caduta di tensione da essa provocata nella resistenza R_2 compensi esattamente le eventuali forze termoelettromotrici di contatto del circuito principale. Si verifica l'esatta compensazione con lo stesso galvanometro che serve per la misurazione, il quale viene azzerato una volta in assenza delle pile (regolando gli organi r_2 e p_2) e una volta in presenza delle pile (regolando gli organi r_1 e p_1); la resistenza R, che sostituisce le pile durante la messa a punto, serve a mantenere inalterate le condizioni di sensibilità e di smorzamento. Naturalmente, mentre si regola la corrente I_2, la corrente I_1 è nulla; invece mentre si regola la corrente I_1, la corrente I_2 viene mantenuta costante al valore precedentemente regolato.

La differenza fra le f.e.m. delle due pile è data dal prodotto $I_1 \times R_1$; detta E_c la f.e.m. del campione di riferimento, la f.e.m. E_x della pila in esame è:

$$E_x = E_c + I_1 R_1 ;$$

Il segno del prodotto $I_1 \times I_1$ dipende dal segno di I_1, il quale si deduce dalla posizione del commutatore C_1.

Questo metodo di confronto permette dunque di eseguire misurazioni *indirette*, perchè il risultato si ottiene dalla indicazione dello strumento, attraverso ad una formula analitica. Se lo scopo della misurazione fosse non la verifica della pila in esame, ma il semplice confronto fra le due pile, sarebbe assai facile perfezionare l'apparecchiatura, in modo da renderla atta a fornire misure dirette. Infatti in tale caso il risultato sarebbe la differenza:

$$D = R_1 I_1 ;$$

si potrebbe allora tarare il milliamperometro A_1 direttamente in microvolt e considerare R_1 quale una costante di lettura, eventualmente variabile col campo di misura.

Tanto la pila in esame, quanto il campione di riferimento vengono mantenute a temperatura costante entro un termostato a bagno d'olio e la loro temperatura è controllata da due termometri al centesimo di grado centigrado, introdotti nell'apposito foro, di cui è munita la custodia di ciascuna pila campione. Prima di iniziare le misurazioni le pile vanno lasciate nel termostato per almeno 48 ore, allo scopo di evitare i sensibili errori dovuti a fenomeni di isteresi [24].

Tutte le parti del circuito principale di opposizione, meno le pile, il galvanometro ed il tasto T, sono contenute entro una custodia a grosse pareti metalliche, che assicura una buona uniformità della temperatura.

Le misurazioni vengono ripetute molte volte (ciascuna preceduta e seguita da una verifica della compensazione delle forze termoelettromotrici di contatto), in modo da poter disporre di numerosi risultati equivalenti.

8.2. - ANALISI DEL METODO E DELL'APPARECCHIATURA.

Procediamo ora alla critica del metodo e dell'analisi dell'apparecchiatura, cercando di individuare le cause di errore e di valutarne gli effetti.

8.2.1. - *Errori grossolani personali.* — Nell'eseguire una misurazione, lo sperimentatore può dimenticare di verificare preventivamente la compensazione delle forze termoelettromotrici di contatto; può errare nell'applicare il segno alla differenza di f.e.m. misurata; oppure può sbagliare nel leggere le divisioni sul milliamperometro A_1.

Un errore grossolano, tipico per questo genere di misura e che può avere ampiezza tale da falsare completamente i risultati, è quello che proviene dal fenomeno di isteresi, quando non si abbia l'avvertenza di lasciare stabilizzare a temperatura costante le pile campione, prima di iniziare le misurazioni.

In generale simili errori danno luogo a risultati la cui differenza dal valore medio è così forte da renderli facilmente identificabili; il criterio da seguire nella cernita è

[23] Come è noto la pila campione « normale » è la pila di Weston satura, in cui l'elettrolita è costituito da soluzione satura di $Cd\,S\,O_4$; la sua f.e.m. è stata definita essere 1,0183 volt dalla Conferenza Internazionale di Whashington 1911. Nell'attuazione pratica delle pile normali si ottengono f.e.m. che possono differire dal valore suddetto, a causa di impurità, contenute negli ingredienti che compongono le celle.

[24] La f.e.m. della pila normale varia in funzione della temperatura di regime secondo la formula fissata per convenzione internazionale:

$$E_t = E_{20} - 0{,}0000406\ (t - 20) - 0{,}00000095\ (t - 20)^2 + 0{,}00000001\ (t - 20)^3 .$$

Oltre a codeste variazioni *normali*, vi sono anche variazioni ***anormali***, provocate, quali fenomeni transitori, dalle variazioni di temperatura e che, diverse da pila a pila, sono tanto più forti e durature, quanto più ampio e più rapido è stato lo sbalzo di temperatura che le ha provocate. Codesto fenomeno, la cui natura non è ancora ben chiarita, è stato chiamato « *fenomeno di isteresi* ».

Uno sbalzo di temperatura di qualche grado, avvenuto in qualche ora, può dar luogo a variazioni anomale per isteresi di qualche centinaio di μV. Dopo un periodo, che può durare anche qualche centinaio di ore, la f.e.m. si stabilizza al valore previsto per la nuova temperatura di regime dalla formula sopra indicata.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

stato indicato nel paragrafo 3.4. (nota 14) dedicato agli errori accidentali.

Può anche avvenire che lo sperimentatore dimentichi di verificare lo zero del galvanometro a circuito aperto (tasto T sollevato); in tal caso durante le due compensazioni l'azzeramento del galvanometro si compie mentre nel circuito di opposizione circola una corrente sensibile; l'errore che ne consegue è proporzionale alla differenza fra le resistenze interne delle due pile, la quale può essere dell'ordine delle centinaia di ohm. È questo un esempio tipico di « *errore grossolano personale* », la cui ampiezza può essere così piccola [25] da sfuggire all'analisi dell'osservatore e confondersi con gli errori accidentali.

8.2.2. - *Errori grossolani strumentali.* — Può accadere che qualche organo dell'apparecchiatura si guasti; per esempio che un giunto mal fatto alteri il valore effettivo della resistenza R_1.

Si può ripetere per questi errori quanto si è detto nel precedente paragrafo.

8.2.3. - *Errori e residui sistematici del metodo.* — Quando sia stata eseguita la messa a punto preliminare dell'apparecchiatura, azzerando il galvanometro mediante la regolazione della corrente I_2, mentre la corrente I_1 è nulla e le due pile sono sostituite dal resistore R_1, si sono compensate le forze termoelettromotrici di contatto che hanno sede nel circuito C-R_1-G-T-R_2-3-R-2-C (vedi fig. 4); ma nulla si sa delle forze termoelettromotrici di contatto che possono aver sede nel circuito delle pile (C-1-4-P_c-P_x-5-3). Il metodo presuppone pertanto che le forze termoelettromotrici, eventualmente presenti in quest'ultimo circuito, siano uguali a quelle presenti nel circuito del resistore R (C-2-R-3); non si può affermare che ciò si avveri esattamente, ma ci è dato tuttavia di avvicinarsi alle condizioni richieste, riducendo, per quanto è possibile, l'entità delle forze termoelettromotrici che manifestano i loro effetti alle estremità C e 3 comuni ai due circuiti considerati; ciò si ottiene mantenendo i punti C, 1, 2 e 3 a temperature il più possibile vicine tra loro ed egualmente facendo per i punti 4 e 5; codeste condizioni si attuano col disporre i giunti 4 e 5 entro il termostato che contiene le pile ed i punti C_1, 1, 2 e 3, vicini tra loro entro la custodia del comparatore, la quale deve essere di metallo spesso e buon conduttore del calore (rame o alluminio). Inoltre, se non si può far sì che la temperatura all'interno del comparatore sia uguale a quella del termostato (disponendo ad esempio il comparatore stesso nel termostato), si dovrà curare che i due conduttori, che collegano rispettivamente i punti 4 e 5 ai punti 1 e 3, siano dello stesso materiale e che tale materiale sia omogeneo. In generale sarà bene che tutti i conduttori del circuito principale (a) siano di rame elettrolitico purissimo e che tutti i resistori siano in manganina, la quale presenta verso il rame una forza termoelettromotrice di contatto assai piccola (circa 1 μV/°C).

Con questi accorgimenti si può presumere che l'errore sistematico del metodo, dovuto alle cause ora accennate, sia in valore assoluto inferiore a 0,1 μV (pari a $0{,}1 \cdot 10^{-4}$%); una valutazione sperimentale si può fare, sebbene approssimativamente e per via indiretta, come si vedrà alla fine del paragrafo 8.3.5.

8.2.4. - *Errori e residui sistematici strumentali.* — Gli organi dell'apparecchiatura, sulla cui grandezza caratteristica si basa la deduzione del risultato, sono il resistore R_1 ed il milliamperometro A_1.

R_1 è un resistore campione da 0,01 Ω, il cui valore nominale è garantito a meno di 1 su 10^{-4} [26]. Il contributo C_R di tale residuo all'imprecisione del risultato dipende dalla formula analitica ($E_x = E_c + R_1 I_1$) che fornisce il risultato. Si ha in valore assoluto:

$$C_R = \Delta_R \frac{\partial E_x}{\partial R_1} = \Delta_R I_1 \text{ volt}$$

ed in valore percentuale:

$$C_R\,\% = \frac{\Delta_R I_1}{E_x} 100 ;$$

esso dipende dunque dal valore di I_1, la quale, per una lettura in fondo alla scala del milliamperometro, assume il valore massimo di $3 \cdot 10^{-3}$ A. Sostituendo ai simboli i valori numerici si ha: $\Delta_R = 0{,}01 \cdot 10^{-4}$, I_1 max $= 3 \cdot 10^{-3}$ A, $E_x = \sim 1$ V e pertanto:

$$C_R\,\% = 0{,}003 \cdot 10^{-4}$$

Il milliamperometro A_1 è uno strumento di precisione, ha scala a specchio con 150 divisioni ed appartiene alla classe di imprecisione 0,2. Il residuo Δ_A è in valore assoluto uguale per tutta la scala:

$$\Delta_A = \frac{0{,}2}{100} 3 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-6} A$$

Il contributo C_A all'imprecisione è in valore assoluto:

$$C_A = \Delta_A \frac{\partial E_x}{\partial I_1} = \Delta_A R_1$$

ed in valore percentuale:

$$C_A\,\% = \frac{\Delta_A R_1}{E_x} 100 ;$$

sostituendo ai simboli i valori numerici si ha:

$$C_A\,\% = 0{,}06 \cdot 10^{-4} .$$

8.2.5. - *Errori e residui sistematici del campione.* — Il campione di f.e.m. del laboratorio è costituito da un gruppo di 4 pile sature, costruite dalla casa Siemens, ciascuna munita di un certificato di prova, rilasciato dalla Physikalische-Technisch-Reichsanstalt, istituto ufficiale tedesco.

Se la pila campione fosse un apparecchio perfettamente stabile nel tempo, sarebbe sufficiente disporre di un solo esemplare, il cui valore nominale fosse dato con riferimento all'unità internazionale [27]. In realtà, entro certi limiti, la pila normale si può considerare abbastanza stabile; infatti anche gli esemplari più scadenti conservano costante per anni la f.e.m. fino alla seconda cifra decimale (1 %) e molti fra di essi anche fino alla quarta ($1 \cdot 10^{-2}$ %); ma se si spinge l'indagine oltre la quarta cifra decimale, le variazioni divengono frequenti, per cui è invalso l'uso di affidare la conservazione del campione di f.e.m. ad un gruppo composto di almeno una decina di elementi [28], che vengono

---

[25] Supponiamo che la differenza fra le resistenze interne delle pile sia 100 Ω, che la resistenza totale del circuito di opposizione sia di 1000 Ω, che la costante del galvanometro sia 0,11 μV/divisione e che il cattivo azzeramento del galvanometro corrisponda a 10 divisioni.

In tal caso l'errore è:

$$100\,\Omega \frac{0{,}11\,\mu V/\text{divisione} \times 10 \text{ divisioni}}{1000\,\Omega} = 0{,}11\,\mu V .$$

[26] Codesto resistore può anche essere verificato, determinandone l'errore con un residuo di 1 su 10^5. Si potrebbe allora apportare al suo valore nominale la correzione corrispondente a codesto errore e quella corrispondente al coefficiente di temperatura. Tuttavia nel caso presente codeste operazioni non sono necessarie, perchè il contributo del residuo di R_1 all'imprecisione del risultato è trascurabile, come vedremo, anche senza apportare correzioni al suo valore nominale.

[27] Per maggiori dettagli su questo argomento vedi l'articolo citato nella nota (2) e la bibliografia in esso indicata.

[28] Dal 1940 l'I.E.N.G.F. ha cominciato ad acquistare sistematicamente due esemplari per anno; le circostanze inerenti alla guerra mondiale hanno impedito di continuare gli acquisti dopo il 1942, avendo la casa fornitrice sospeso la costruzione delle pile campione. L'I.E.N.G.F. dispone anche di numerosi altri elementi Weston nazionali ed esteri, ma la conservazione del campione di f.e.m. è affidato ai 4 esemplari citati.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

controllati reciprocamente con assiduità; gli elementi la cui f.e.m. si allontana dalla media del gruppo vanno sostituiti con altri di fresca costruzione, verificati da un Istituto Ufficiale.

La pila Weston normale, costruita con le debite precauzioni, ha per definizione a 20 °C la f.e.m. di 1,0183 volt e tale valore è garantito fino alla 4ª cifra decimale, cioè col residuo assoluto di 100 μV.

La costruzione di codesti apparecchi presenta difficoltà di natura fisica e chimica che possono essere superate soddisfacentemente soltanto da laboratori specializzati.

Sebbene la f.e.m. della pila normale sia definita, per convenzione internazionale a meno di 100 μV (29), i campioni primari dei sei Istituti Ufficiali risultano in accordo a meno di 20 μV dal 1934 in poi e per 4 di essi le differenze massime sono dell'ordine di 10 μV. È pertanto giustificato condurre le ricerche con mezzi che consentano di valutare con sicurezza la 6ª ed anche la 7ª cifra decimale.

Nel nostro caso si dispone di 4 esemplari, la cui f.e.m. ha per tutti il valore nominale di 1,0183 volt col residuo di 100 μV (pari a $100 \cdot 10^{-4}$ %); poichè le dimensioni del risultato E_x coincidono con quelle della grandezza caratteristica del campione, il contributo all'imprecisione coincide con il residuo stesso:

$$C'_{E_c}\ \% = 100 \cdot 10^{-4}\ (30).$$

Scelto l'esemplare da usare nel confronto con la pila in esame, occorre determinare il suo errore rispetto alla media ed applicare la correzione al suo valore nominale; codesta correzione nel nostro caso è di $-3,5$ μV con il residuo di 0,3 μV. Si ha pertanto un contributo all'imprecisione:

$$C''_{E_c} = 0,3 \cdot 10^{-4}.$$

Per poter riferire la f.e.m. della pila in esame all'unità internazionale, è necessario conoscere anche l'errore del campione primario dell'Istituto Ufficiale che ha rilasciato i certificati, rispetto all'« ohm internazionale medio 1934 », applicare la rispettiva correzione e tener conto del residuo. Codesti dati si leggono nelle relazioni pubblicate a cura dell'Ufficio Internazionale dei Pesi e Misure, nel nostro caso la correzione è $+5,5$ μV ed il residuo 0,3 μV (31); il contributo all'imprecisione è:

$$C'''_{E_c}\ \% = 0,3 \cdot 10^{-4}.$$

Correggendo il valore nominale dell'esemplare usato nel confronto attuale si ottiene:

$$E_c = 1,018302 \text{ volt};$$

ma poichè il valore del contributo C_{E_c}' è così grande che, nei suoi confronti, risultano trascurabili non soltanto gli altri due contributi, ma le stesse correzioni, nelle misurazioni di tipo corrente, in particolare nelle prove per conto di terzi, basterà scrivere:

$$E_c = 1,0183 \text{ volt}; \qquad C_{E_c}\ \% = 100 \cdot 10^{-4}.$$

(29) Per un più esatto riferimento, quale base delle misurazioni, la Conferenza di Whashington 1911 ha precisato anche la 5ª e la 6ª cifra decimale (1,018300). Il National Bureau of Standard, istituto ufficiale americano, ha ritenuto di poter specificare ufficialmente anche lo zero al posto della 5ª cifra; per gli Stati Uniti la f.e.m. delle pile Weston è pertanto definita col residuo assoluto di 10 μV.

(30) Al valore medio della f.e.m. dei 4 esemplari si può attribuire un residuo inferiore, qualora si supponga che i valori veri delle loro singole f.e.m. siano distribuiti intorno al valore del campione, rispetto al quale vennero verificati, con la legge del caso; codesta ipotesi è avvalorata dal fatto che i 4 esemplari furono costruiti in epoche diverse e che i loro valori furono constatati essere permanentemente uguali fra loro a meno di differenze di ordine inferiore ($3 \div 4$ μV); in tal caso il contributo C_{E_c} % risulta $\sqrt{4}$ volt minore ($50\ 10^{-4}$ %). Tuttavia, poichè la f.e.m. della pila normale è definita internazionalmente soltanto fino alla 4ª cifra decimale, nelle prove per conto di terzi si mantiene $C_{E_c}'\ \% = 100 \cdot 10^{-4}$.

(31) A. PERARD, M. ROMANOWSKI et M. ROUX: *Récentes comparaison des unités électriques des divers pays.* « Comptes rendus des Seances de l'Academie des Sciences », CCIX, 1939, p. 23; « R. G. E. », 1940, XLVIII, p. 30.

8.2.6. - *Errori e residui sistematici personali.* — Il metodo di misurazione non lascia prevedere la presenza di questo tipo di errore e di residuo.

8.2.7. - *Limite di sensibilità.* — In questo caso, poichè la misurazione viene ripetuta numerose volte, non si dovrà tener conto del limite di sensibilità; il suo contributo all'imprecisione verrà automaticamente tenuto in conto nel valutare il residuo accidentale. Tuttavia, nel progettare l'apparecchiatura, è necessario calcolare questa entità, per verificare che il suo valore sia adeguato allo scopo (32).

La costante voltometrica del galvanometro, in condizioni di lavoro e con una scala normale posta ad un metro di distanza dallo specchio, è di 1,6 μV/divisioni; essa viene abbassata a 0,11 μV/divisioni, mediante uno speciale cannocchiale, che moltiplica per 15 la sensibilità dell'insieme. Sulla scala del cannocchiale l'operatore può apprezzare con sicurezza mezza divisione (*limite di leggibilità* = 0,5 divisioni); il limite di sensibilità è pertanto:

$$I_\sigma = 0,5 \text{ div.} \times 0,11\ \mu\text{V/div.} = 0,055\ \mu\text{V (pari a } 0,055 \cdot 10^{-4}\ \%).$$

Oltre al limite di sensibilità inerente all'indicatore di zero, vi è anche quello inerente alla lettura del milliamperometro A_1. Sulla scala di questo strumento l'operatore apprezza sicuramente 0,2 divisioni (*limite di leggibilità* = 0,2 divisioni); la costante amperometrica dello strumento è $2 \cdot 10^{-5}$ A/divisioni; la costante voltometrica complessiva dello strumento e del resistore R_1 è $0,01\ \Omega \times 2 \cdot 10^{-5}$ A/divisioni = $= 0,2$ μV/div. ed il limite di sensibilità:

$$I_A = 0,2 \text{ div.} \times 0,2\ \mu\text{V/div.} = 0,04\ \mu\text{V (pari a } 0,04 \cdot 10^{-4}\ \%).$$

8.3. - ERRORI E RESIDUI ACCIDENTALI.

Gli errori e residui accidentali non si possono determinare a priori in base all'esame dell'apparecchiatura o alla critica del metodo, come si è fatto per gli altri errori e residui; essi si possono determinare soltanto a posteriori, in base all'esame di un numero abbastanza grande di risultati equivalenti.

Possiamo tuttavia indagare sulle possibili cause di errore accidentale e tale indagine va fatta a priori, allo scopo di ridurre preventivamente la loro influenza.

Nel caso presente le cause principali sono: le variazioni della temperatura del termostato nello spazio e nel tempo, l'instabilità dello zero del galvanometro, le variazioni di corrente nei due circuiti ausiliari, le variazioni disuniformi di temperatura nel circuito di opposizione e la difettosa compensazione delle forze termoelettromotrici.

8.3.1. - *La instabilità della temperatura* del termostato influisce a causa del fenomeno di isteresi (33) che presenta intensità generalmente diversa da un esemplare ad un altro. Le oscillazioni nel tempo del termostato usato sono inferiori a $\pm 0,025$ °C e possono dar luogo a variazioni anomale di f.e.m. dell'ordine dei decimi di microvolt ($0,1 \cdot 10^{-4}$ %).

8.3.2. - *La disuniformità di temperatura* nel termostato può far sì che la pila in esame si trovi durante il confronto a temperatura diversa da quella del campione di riferimento e provocare differenze fra le f.e.m., a causa del coefficiente di temperatura (33). La temperatura interna di ogni pila viene misurata da un termometro a mercurio, con l'imprecisione di 0,01 °C, alla quale, a 20 °C, corrisponde la indeterminazione delle forze elettromotrici di circa 0,4 μV (pari a $0,4 \cdot 10^{-4}$ %).

Può sembrare che codesta incertezza si debba considerare come il contributo all'imprecisione del residuo sistematico del termometro e come tale debba essere tenuta in conto insieme agli altri contributi sistematici. In realtà le due pile, che si trovano vicine immerse nello stesso bagno d'olio, hanno temperature, la cui differenza è inferiore a quella che il termometro può rivelare; inoltre tale differenza varia col tempo secondo leggi non note, dando luogo ad un « errore elementare » del tipo considerato nella nota (14) del capitolo 3.4., dedicato agli errori accidentali.

(32) Vedi paragrafi 3.3.3, 4.3 e 8.3.6.

(33) Vedi nota (24).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

8.3.3. - *La instabilità di zero* del galvanometro può far sì che nell'intervallo di tempo che intercorre fra la compensazione preliminare delle forze termoelettromotrici di contatto e la compensazione della f.e.m. differenziale delle due pile, la posizione di riposo dell'indice si sposti di qualche divisione. In tal caso l'errore accidentale introdotto è uguale al numero di divisioni, di cui lo zero è scivolato, moltiplicato per la costante voltometrica del galvanometro. Supponendo ad esempio che lo zero sia scivolato di 3 divisioni, l'errore accidentale è 3 div. × 0,11 μV/divisioni = 0,33 μV (pari a 0,33 · 10^{-4} %).

8.3.4. - *Le variazioni di corrente* nei due circuiti ausiliari possono essere dovute a perturbazioni arrecate alle batterie E_1 ed E_2, a cattivi contatti dei reostati r_1 ed r_2; o dei potenziometri p_1 e p_2; insomma esse dipendono dall'*efficienza* dei circuiti di compensazione. I loro effetti si confondono con quelli dovuti allo scivolamento dello zero e si manifestano indirettamente col rendere scomodo ed incerto l'azzeramento del galvanometro.

8.3.5. - *La compensazione delle forze termoelettromotrici di contatto* eseguita mediante il circuito ausiliario (*c*), non può essere rigorosa; qualche piccolo squilibrio permane sempre, nonostante la cura e l'attenzione poste dallo sperimentatore.

Inoltre non è detto che le forze termoelettromotrici restino costanti nell'intervallo di tempo che intercorre fra la messa a punto preliminare e la misurazione. Particolarmente sensibili a questo riguardo sono i collegamenti del tasto T e del galvanometro G; il calore della mano che manovra il tasto è sufficiente a provocare alterazioni sensibili; il soffiare nella direzione dei morsetti del galvanometro dalla distanza di 50 cm è sufficiente a far deviare il galvanometro di parecchie divisioni. Perciò il tasto T deve essere chiuso in una custodia, dalla quale emerga soltanto la manopola di comando in materiale coibente; il galvanometro deve essere protetto dalle correnti d'aria e dagli irraggiamenti diretti, mediante uno schermo di protezione.

Una valutazione preventiva degli effetti di codesti fenomeni è impossibile, ma l'esperienza ne fornisce una valutazione separata da quella degli altri residui accidentali; infatti il milliamperometro A_2, inserito nel secondo circuito ausiliario, permette di misurare il valore complessivo delle forze termoelettromotrici presenti nel circuito di opposizione. I valori, misurati prima e dopo ciascuna misurazione della f.e.m. differenziale, sono riportati nella prima colonna della tabella Ia; la seconda e terza colonna danno rispettivamente gli scarti dalla media ed i loro quadrati. Ammettendo che codesti scarti seguano la legge del caso, il triplo dello scarto quadratico medio teorico (3×0,51 μV) rappresenta il « *limite superiore* » (31) delle oscillazioni, da una compensazione all'altra, delle forze termoelettromotrici parassite. Poichè la compensazione di codeste forze si fa prima e dopo ciascuna misurazione, si può ammettere che all'istante in cui si compie la misurazione, lo scostamento della compensazione non debba superare la metà circa della totale variazione riscontrata. Eseguendo i calcoli indicati, si ottiene, quale limite superiore del contributo accidentale dovuto alle cause qui considerate, il valore di 0,76 μV (pari a 0,76 · 10^{-4} %).

La determinazione delle forze termoelettromotrici parassite, presenti nel circuito di opposizione, quando al posto delle pile si trova il resistore R, permette di valutare indirettamente ed in modo approssimativo, di quanto esse possano variare, quando, per eseguire la misurazione, si pongano in circuito le pile, portando il commutatore C dalla posizione 2 alla posizione 1; si può cioè valutare l'ordine di grandezza del residuo sistematico del metodo, di cui si è parlato nel paragrafo 8.2.3.

Infatti è ragionevole ammettere che le forze termoelettromotrici parassite, presenti nel circuito che congiunge le pile al comparatore, si comportino in modo analogo a quelle che hanno sede nelle altre parti del circuito di opposizione e che vengono misurate. È altresì ragionevole ammettere che nel circuito delle pile codeste forze termoelettromotrici siano assai più costanti ed assai più piccole, poichè i giunti che ne possono essere sede sono mantenuti, per quanto è possibile, a temperatura uniforme e costante.

(31) Vedi capitolo 5° in fondo

TABELLA I. – *Rilievi sperimentali delle f.t.e.m. parassite.*

Il valore medio delle forze termoelettromotrici parassite è + 0,752 μV; lo scarto mediano è $k = 0{,}328$ μV; lo scarto quadratico medio empirico $\mu' = 0{,}387$; lo scarto probabile $\varrho = 0{,}35$ μV. Lo scarto quadratico medio teorico è: $\mu < \mu' \cdot (1 + \sqrt{2/n}) = 0{,}51$ μV.

Forze elettromotrici parassite μV	s scarti dalla media μV	s^2
+ 1,44	+ 0,688	0,472
+ 1,32	+ 0,568	0,322
+ 0,96	+ 0,208	0,043
+ 1,32	+ 0,568	0,322
+ 0,96	+ 0,208	0,043
+ 1,10	+ 0,348	0,156
+ 1,44	+ 0,688	0,472
+ 0,40	— 0,352	0,124
+ 0,36	— 0,392	0,153
+ 0,36	— 0,392	0,153
+ 0,40	— 0,352	0,124
+ 0,36	— 0,392	0,153
+ 0,40	— 0,352	0,124
+ 0,44	— 0,312	0,097
+ 0,56	— 0,192	0,037
+ 0,68	— 0,072	0,052
+ 0,56	— 0,192	0,037
+ 0,68	— 0,072	0,052
+ 0,68	— 0,072	0,052
+ 0,62	— 0,132	0,017

Il fatto che i valori raccolti nella prima colonna della prima tabella abbiano tutti lo stesso segno, mostra che la causa di errore considerata al paragrafo 8.2.3. dà proprio origine ad un residuo sistematico, il quale non può ridursi con la mediazione di risultati equivalenti; inoltre il valore medio delle forze termoelettromotrici parassite (pari a 0,752 μV) ci dà un'idea dell'ordine di grandezza di tale residuo, che sarà certamente ad esso inferiore. Il rapporto di riduzione è necessariamente soggettivo e si basa sull'esperienza personale: a me non pare eccessivo ritenere che il residuo in oggetto sia circa 10 volte minore del valore medio ricavato dalla tabella Ia e lo valuto a 0,1 μV (pari a 0,1 · 10^{-4} %).

8.3.6. - *Misure equivalenti e calcolo degli errori e residui accidentali.* — Nella tabella seconda sono riportati i risultati di 20 misurazioni equivalenti; ottenuti in uno stesso giorno.

Lo *scarto mediano* è in valore assoluto:

$$k = \frac{\Sigma\,|s|}{n} = 0{,}21\ \mu\text{V}.$$

Lo *scarto quadratico medio empirico* è in valore assoluto:

$$\mu' = \sqrt{\frac{\Sigma s^2}{n}} = 0{,}26\ \mu\text{V}.$$

Lo *scarto quadratico medio teorico* è in valore assoluto:

$$\mu < \mu' \cdot (1 + \sqrt{2/n}) = 0{,}34\ \mu\text{V}.$$

Lo *scarto probabile* è stato determinato disponendo gli scarti s in ordine crescente dei valori aritmetici e scegliendo quello che divide per metà la serie, si ottiene:

$$\varrho = 0{,}186\ \mu\text{V}.$$

Il *modulo di approssimazione* h si può calcolare separatamente in funzione delle tre grandezze (35) k, μ', e ϱ; si

(35) Per calcolare il modulo h è necessario scegliere opportunamente l'unità di misura, secondo la quale esprimere gli scarti k, μ, o ϱ; codesta unità è rappresentata dalla più piccola entità che permette di distinguere fra loro i risultati equivalenti. Nel nostro caso si possono distinguere due risultati equivalenti che differiscono

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ottiene:

$$h = \frac{1}{k\sqrt{\pi}} = 0{,}0269 \quad ; \quad h = \frac{1}{\mu'\sqrt{2}} = 0{,}0272 \; ;$$

$$h = \frac{0{,}4796}{\varrho} = 0{,}0258 \; ;$$

dato l'esiguo numero di osservazioni di cui si dispone, l'accordo è abbastanza buono affinchè la serie di risultati equivalenti si possa ritenere normale. Confrontando i singoli scarti con lo scarto quadratico medio μ si osserva che sono tutti notevolmente inferiori al triplo di μ e che pertanto nessuno deve essere scartato.

TABELLA II. – *Rilievi sperimentali della f.e.m. differenziale.*

Il valore medio della f.e.m. differenziale è $D\text{med} = -28{,}334$ μV; lo scarto mediano $k = 0{,}21$ μV; lo scarto quadratico medio empirico $\mu' = 0{,}26\,\mu$V; lo scarto probabile $\varrho = 0{,}186$ μV. Lo scarto quadratico medio teorico è $\mu < \mu'(1 + \sqrt{2/n}) = 0{,}34$ μV.

$D = E_x - E_c = R_1 I_1$ μV	s scarti dalla media μV	s^2
−27,92	+0,414	0,1714
−28,24	+0,094	0,0088
−28,32	+0,014	0,0002
−28,52	−0,186	0,0346
−28,68	−0,346	0,1197
−28,48	−0,146	0,0213
−28,12	+0,214	0,0458
−28,72	−0,386	0,1490
−27,88	+0,454	0,2061
−27,88	+0,454	0,2061
−28,44	−0,106	0,0112
−28,36	−0,026	0,0007
−28,32	+0,014	0,0002
−28,28	+0,054	0,0029
−28,52	−0,186	0,0345
−28,40	−0,066	0,0044
−28,04	+0,294	0,0864
−28,76	−0,426	0,1815
−28,24	+0,094	0,0088
−28,56	−0,226	0,0511

di 0,01 μV (vedi tabella n. 2); quindi k, μ, e ϱ vanno espressi in centesimi di microvolt ($k = 21$; $\mu = 26$; $\varrho = 18{,}6$).

Se per esprimere gli scarti si adotta una unità di misura diversa, si ottiene per h un valore che non soddisfa alla equazione di Gauss:

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \; ;$$

infatti da questa formula, per $x = 0$, si $y_0 = h/\sqrt{\pi}$ e, poichè il valore massimo che può assumere y_0 è al limite uguale ad 1 (quando tutti i risultati equivalenti risultassero uguali tra loro), si deduce che h è sempre inferiore a $\sqrt{\pi} = 1{,}77$. Nel nostro caso, se μ viene espresso in microvolt ($\mu = 0{,}26$), si ottiene $h = 2{,}72$, il che è assurdo: evidentemente si è così ottenuto non il valore vero di h, ma un numero ad esso proporzionale. Giova osservare che agli scopi pratici, per indagare circa la normalità della serie di risultati equivalenti e per calcolare il residuo accidentale, serve anche codesto valore proporzionale ad h; esso infatti permette di calcolare la probabilità y' che, eseguendo una singola misurazione, lo scarto sia compreso fra limiti prefissati $-x_1$ e $+x_1$:

$$y' = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \int_{-x_1}^{+x_1} e^{-h^2 x^2} \, dx \; ,$$

purchè x_1 sia espresso nella stessa unità che si è usata per μ nel calcolare $h = 1/(\mu\sqrt{2})$.

Eseguendo gli stessi calcoli su risultati di prove fatte in giorni diversi, si ottiene un disaccordo assai maggiore, molto probabilmente a causa di reali variazioni col tempo della f.e.m. delle pile che si confrontano.

La colonna degli scarti s della tabella II fornisce gli *errori accidentali* delle singole misure, i quali vengono corretti con la mediazione, lo scarto mediano k fornisce il valore medio dell'errore accidentale. Invece il *residuo accidentale* si calcola moltiplicando per il coefficiente di sicurezza $t = 3$ lo scarto quadratico medio della media, il quale si ottiene dividendo per $\sqrt{n} = \sqrt{20}$ lo scarto quadratico medio teorico μ di una singola osservazione. Poichè il contributo C_{acc} all'imprecisione del residuo accidentale coincide col residuo stesso si ha:

$$C_{acc.} = \frac{t}{\sqrt{n}} \mu = \frac{3}{\sqrt{20}} 0{,}34 = 0{,}23 \; \mu\text{V (pari a } 0{,}23 \cdot 10^{-4}\%)$$

Confrontando i limiti di sensibilità ($0{,}055 \cdot 10^{-4}$ % per il galvanometro e $0{,}04 \cdot 10^{-4}$ % per il milliamperometro A_1) con l'errore accidentale medio ($k = 0{,}21 \cdot 10^{-4}$ %) e con il residuo accidentale ($0{,}23 \cdot 10^{-4}$ %) testè calcolato, si osserva che la sensibilità dell'apparecchiatura è alquanto esuberante [36]; sarebbe sufficiente che i due limiti di sensibilità fossero dell'ordine di $0{,}2 \cdot 10^{-4}$ %, cioè all'incirca 5 volte superiori a quelli ottenuti con gli strumenti adoperati. L'esperienza fatta nel corso delle misurazioni ha mostrato infatti che la sensibilità era eccessiva: l'azzeramento del galvanometro era assai instabile e le letture assai difficoltose; si è tuttavia voluto eseguire ugualmente una serie di rilievi in codeste condizioni per mettere meglio in evidenza gli errori e residui accidentali.

Una constatazione di qualche interesse è la seguente. Il triplo dello scarto quadratico medio $3\mu = 1{,}02$ μV fornisce il «limite superiore» dell'errore accidentale, cioè il massimo valore che con «certezza pratica» possa raggiungere lo scarto di una qualsiasi misura dalla media. Codesto scarto è in sostanza l'effetto complessivo delle cause di errore accidentale trattate nei paragrafi 8.2. [37], 3.3.1., 9.3.2., 8.3.3., 8.3.4., e 3.8.5., per ciascuna delle quali è stato valutato l'effetto singolo. Componendo codesti effetti singoli si trova:

$$\sqrt{0{,}055^2 + 0{,}04^2 + 0{,}4^2 + 0{,}4^2 + 0{,}33^2 + 0{,}76^2} = 1{,}00 \; \mu\text{V}.$$

La coincidenza con il valore di 3μ indica che la valutazione delle cause di errore accidentale è stata fatta con buona approssimazione.

8.4. - RISULTATO DELLE MISURAZIONI E COMPOSIZIONE DEI CONTRIBUTI ALL'IMPRECISIONE.

Il risultato delle misurazioni è dato dalla formula:

$$E_x = E_c + D \; ,$$

in cui $E_c = 1{,}018302$ volt e $D = -28{,}334$ μV; si ha pertanto: $E_x = 1{,}018273666$ volt.

L'imprecisione è data dalla radice quadrata della somma dei quadrati dei contributi dei singoli residui:

$$\varepsilon = \sqrt{\Sigma C^2} \; .$$

Invece qualora si voglia confrontare l'accuratezza di diverse serie di misure, riguardanti grandezze diverse, conviene confrontare fra loro i rispettivi scarti quadratici medi espressi in valore relativo. Il Lucchi introduce a questo proposito il concetto di «*livello di precisione*» (vedi I. LUCCHI: *Considerazioni statistiche sulle prove di collaudo*, «L'Elettrotecnica, 1939, XXVI, p. 673), che coincide in effetto con il valore di h calcolato in base allo scarto quadratico medio *relativo*. Nel nostro caso, se si considera quale scopo delle misurazioni la determinazione della f.e.m. della pila in esame, codesto «livello» è $\sim 2{,}66 \cdot 10^6$; se invece si considera quale scopo delle misurazioni il puro confronto fra le due pile, codesto «livello» è $\sim 74{,}5$.

[36] Vedi paragrafi 3.3.3, 4.3 e 8.2.7.

[37] Si deve qui portare in conto anche i limiti di sensibilità, i quali incidono su ciascuna misura presa singolarmente; nel computo numerico essi risulteranno tuttavia trascurabili, come è prevedibile in base ai ragionamenti fatti precedentemente.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

I contributi all'imprecisione dei diversi residui, computati nei precedenti paragrafi sono (moltiplicati per 10^4):

residuo sistematico del metodo
contributo C_m % = 0,1;

residuo sistematico strumentale del resistore R_1:
contributo C_R % = 0,003;

residuo sistematico strumentale del milliampermetro A_1,
contributo C_A % = 0,066;

residui sistematici del campione:
contributo C'_{Ec} % = 100
contributo C''_{Ec} % = 0,3
contributo C'''_{Ec} % = 0,3

residuo accidentale:
contributo C_{acc} % = 0,23

Si ha (considerando i valori assoluti):

$$\varepsilon = \sqrt{C_m^2 + C_R^2 + C_A^2 + C'^2_{Ec} + C''^2_{Ec} + C'''^2_{Ec} + C^2_{acc}}.$$

Si nota subito il contributo C_{Ec}' %, inerente alla verifica del campione fatta presso l'Istituto Ufficiale. Codesto contributo è da 500 a 1000 volte superiore a tutti gli altri, che risultano pertanto nettamente trascurabili.

L'imprecisione del risultato è dunque in valore assoluto:

$$\varepsilon = 0{,}0001 \text{ volt}$$

ed è inutile precisare il risultato oltre la 4ª cifra decimale, dato che questa è incerta. Si può scrivere quindi:

$$E_x = 1{,}0183 \pm 0{,}0001 \text{ volt}.$$

Per quelle misurazioni, il cui scopo sia il riferimento di una pila campione all'unità internazionale di f.e.m., in particolare per le tarature di pile normali per conto di terzi, non occorre adoperare tante cautele ed una apparecchiatura così sensibile, come quella descritta, poichè il risultato non potrà mai essere *ufficialmente* garantito oltre la 4ª cifra decimale; ciò proviene direttamente dal fatto che, come è stato detto, la f.e.m. della pila normale è ufficialmente definita per convenzione internazionale solo fino alla 4ª cifra decimale. Per poter garantire la 4ª cifra decimale è tuttavia necessario che tutti i contributi siano trascurabili rispetto a quelli dovuti ai residui del campione; per conseguire questo fine, basta che l'ordine di grandezza di ciascuno sia 10 volte inferiore a quello del campione ([38]).

8.5. - CONCLUSIONE.

Il metodo qui descritto per le prove sulle pile campione ([39]) non è quello usato presso l'I.E.N.G.F. per le normali tarature per conto di terzi; esso viene usato per le ricerche che nel laboratorio si compiono per definire il campione dell'Istituto e per la preparazione ai confronti internazionali.

Vale la pena di esaminare quale approssimazione si raggiunga nelle misurazioni di puro confronto fra due pile normali. Basta calcolare ε trascurando i contributi del campione:

$$\varepsilon = \sqrt{C_m^2 + C_R^2 + C_A^2 + C_{acc}^2} = 0{,}26\ \mu\text{V}.$$

Il metodo consente di eseguire il confronto con l'imprecisione assoluta di 0,26 μV pari a 2,6 su 10^7, che è dello stesso ordine dell'imprecisione denunciata nei confronti internazionali.

Si può notare che il contributo del resistore R_1 è trascurabile, come era stato già detto nella nota ([33]), e che il massimo effetto è dovuto al residuo accidentale. Questo fatto fa prevedere che non sia facile spingere ulteriormente l'acutezza dell'indagine in questo genere di misure.

([38]) Se i 4 contributi che, oltre a quelli del campione, entrano nella formula $\varepsilon = \sqrt{\Sigma C^2}$ sono tutti uguali a 1/10 di quello del campione, il trascurarli lascia inalterata la seconda cifra significativa di ε.

([39]) Questo metodo sembra sia stato usato per la prima volta da Lindeck e Rhote (vedi M. EPPLEY: *International standard of electromotive force and its low-temperature coefficent form*, « A.I.E.E. Trans. », 1931, L, p. 1293) ed è usato, con molti perfezionamenti che lo rendono atto ad eseguire misurazioni dirette, presso il National Bureau of Standard (vedi M. B. BROCK: *The standard cell comparator, a specialized potentiometer*, « J. Res. N.B.S. », 1933, XL, p. 211).

IL CICLOTRONE

PIER MARIA COLLA

Viene illustrato il dispositivo tipo ciclotrone per la accelerazione di particelle cariche. Descritte le particolarità costruttive più importante dell'apparecchio, sono esposte considerazioni teoriche riguardo al proporzionamento dei campi agenti per la accelerazione e la focalizzazione delle particelle.

INTRODUZIONE.

Se si considera l'atomo nella sua integrale composizione, se lo si pensa cioè costituito da un nucleo avente una carica elettrica positiva e da un'atmosfera di elettroni distribuiti intorno al nucleo ed aventi complessivamente una carica negativa capace di neutralizzare quella positiva centrale, il fenomeno della disintegrazione dell'atomo e della sua modificazione è assai comune in natura.

Già in ogni molecola di un composto qualunque l'atomo è disintegrato poichè gli elettroni più esterni degli atomi che la compongono non sono nel loro numero normale; così nella molecola del cloruro di argento l'atomo del metallo ha perduto il suo elettrone più esterno che è andato a far parte del sistema elettronico del cloro; pertanto ogni atomo ha avuto modificata la sua composizione.

Casi diversi di disintegrazione, sempre nel campo dell'atmosfera elettronica, ma negli strati più profondi di questa si verificano in alcuni fenomeni fisici. Tale disintegrazione è soltanto transitoria quando impegna elettroni profondi, mentre è permanente, come nelle combinazioni chimiche, se impegna solo gli elettroni esterni.

In tutti questi processi che comprendono l'intera chimica e tutta la fisica nota fino alla scoperta della radioattività, il nucleo atomico permane immutato, destinato soltanto a sostenere quella carica elettrica positiva dalla cui entità dipendono il numero degli elettroni che lo circondano e la configurazione assunta dal loro insieme.

Solo dopo la scoperta della radioattività la fisica fu messa in presenza di fenomeni nei quali il nucleo ha parte preponderante, dimostrandosi capace di frantumarsi *spontaneamente* con emissioni di frammenti animati da grandissima velocità: nuclei di elio (particelle α) od elettroni (particelle β), mentre il residuo costituisce un elemento chimico di specie diversa e di peso atomico minore.

Queste scomposizioni si verificano solo in numero assai limitato di elementi chimici (uranio, radio, torio, ecc.): la grandissima parte degli elementi più comuni è invece caratterizzata da un'assoluta stabilità nucleare.

Così si credette fino al 1911, anno in cui Rutherford fece la grande scoperta che anche i nuclei stabili di alcuni elementi leggeri potevano essere scomposti per l'urto violento di quei proiettili α che vengono emessi nelle esplosioni spontanee degli elementi radioattivi. Apparve fin d'allora possibile riuscire a frantumare i nuclei degli elementi, bombardandoli con altri nuclei, ai quali si potessero comunicare velocità ed energie sufficientemente elevate.

I proiettili di Rutherford, e precisamente le particelle α emesse dal radio, hanno un'energia corrispondente a 7 milioni di elettrone-volt, si vede allora da questo come debba essere difficile comunicare artificialmente ad un nucleo di elio, avente la carica di due elettroni, un'energia pari a quella delle particelle α: occorrerebbero dei campi acceleratori di 3 milioni e mezzo di V, mentre con i mezzi più potenti comunemente disponibili nei laboratori si oltrepassano di poco i 200 000 V.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

C'è da osservare d'altra parte che mentre è così difficile comunicare ai proiettili artificiali l'energia dei proiettili naturali di Rutherford, anche l'azione di questi si era mostrata assai poco efficace; poichè solo un numero piccolissimo dei proiettili lanciati aveva avuto l'effetto desiderato di colpire un nucleo e frantumarlo.

Una delle più importanti cause di limitazione dell'efficacia dei proiettili, oltre l'enorme piccolezza del proiettile e del nucleo da colpire e la condizione necessaria che il proiettile incontri geometricamente il nucleo affinchè ci sia urto, è dovuta ad una forza repulsiva che si esercita tra il proiettile ed il nucleo e che diventa grandissima quando la distanza tra i due centri diventa molto piccola. Per effetto di questa forza l'urto non dovrebbe mai verificarsi, contrariamente al felice esito delle esperienze di Rutherford.

La giustificazione di questo paradosso meccanico è data dalla meccanica ondulatoria e si deve al fisico teorico russo Gamow l'applicazione di questa nuova meccanica allo studio del fenomeno dell'urto di un proiettile α contro un altro nucleo atomico. Ne risultò la singolare conseguenza che anche quei proiettili i quali secondo la meccanica classica non potrebbero raggiungere il bersaglio per la forza repulsiva di questo, hanno invece una certa probabilità, sia pure piccolissima, di colpirlo.

Questa probabilità viene espressa con una formulà che contiene la carica elettrica del nucleo bersaglio, quella del proiettile e la sua energia balistica.

La teoria di Gamow ebbe l'efficacia di imprimere un orientamento diverso alle ricerche iniziate in diversi laboratori per produrre la disintegrazione artificiale degli atomi.

Occorreva procurarsi, come si è detto, dei campi elettrici acceleratori di milioni di V e farli agire su corpuscoli carichi di elettricità per trasformarli in proiettili animati dalla maggiore velocità raggiungibile.

Per questo furono sviluppati in diversi centri di studio metodi adatti a creare altissime differenze di potenziale, con la speranza di raggiungere o di superare i tre milioni e mezzo di elettrone-volt posseduti dai proiettili α emessi spontaneamente dal radio.

Ma la formula di Gamow permise di prevedere che anche con campi elettrici circa dieci volte meno intensi si sarebbero potuti ottenere gli stessi effetti sostituendo al proiettile α, che è un nucleo di elio, un proiettile come il nucleo d'idrogeno, cioè il *protone*, avente carica metà e massa quattro volte più piccola del precedente.

Le esperienze furono avviate con grande slancio, specialmente in due laboratori.

I fisici Cockroft e Walton, nel laboratorio di Rutherford, svilupparono un metodo per il quale partendo da una tensione alternata di 200 000 V e ricorrendo ad una combinazione ingegnosa di condensatori e di lampade termoioniche capaci di resistere a quella tensione, si otteneva l'esaltazione progressiva della tensione primitiva e la sua trasformazione in tensione continua di 800 000 V.

Contemporaneamente, e cioè intorno al 1930, Lawrence e Livingston, nel laboratorio dell'Università di Berkeley (California) svilupparono un metodo estremamente originale.

Esso consiste nel sottomettere un fascio di protoni, creati in un ordinario tubo a scarica, all'azione simultanea di un campo elettrico alternato e di un campo magnetico costante.

Quest'ultimo imprime ai protoni in movimento un moto circolare; ma ad ogni mezzo giro agisce su di essi il campo alternato, disposto in modo che quando il protone lo attraversa, il campo elettrico ne accelera il movimento.

Questo effetto acceleratore a scatti fa sì che il moto del protone, deviato circolarmente dal campo magnetico, si sviluppa secondo una spirale molto fitta, di cui il raggio va crescendo a misura che aumenta la velocità del protone; ma il tempo impiegato dal protone ad ogni mezzo giro è costante, e perciò il campo elettrico alternato con frequenza costante ed agente agli estremi di un diametro della spirale sorprende il protone costantemente nella fase in cui esso campo elettrico è massimo ed agisce nel senso di accelerare il moto.

Questo ingegnosissimo principio venne realizzato mediante un apparecchio chiamato acceleratore magnetico di risonanza o brevemente « *ciclotrone* ».

Il principio del « ciclotrone » riposa sulla proposizione di Larmor: la velocità angolare $\vec{\omega}$ di una particella carica in campo magnetico $\vec{H}$ è indipendente dalla sua velocità v:

$$\vec{\omega} = -(e/2\,m\,c)\,\vec{H}$$

La proposizione ha senza dubbio validità solo fino a che il cambiamento di massa è trascurabile. In questo caso il periodo di una particella di carica e e di massa m è dato dalla semplice relazione:

$$t = 2\,\pi\,m\,c/H\,e \qquad (I)$$

Esso è così per una data particella indipendente dal raggio r della traiettoria e dalla velocità v della particella, dipende soltanto dalla grandezza del campo magnetico.

Di conseguenza la lunghezza d'onda λ del campo elettrico alternato è:

$$\lambda = 2\,\pi\,m\,c\,/He \qquad (II)$$

Ne segue la relazione di risonanza tra campo elettrico e campo magnetico:

$$H\,\lambda = K$$

Esprimendo l'intensità di campo magnetico in kilogauss e la lunghezza d'onda in metri, si ha: $k = 389$ per deuteroni e per particelle α doppiamente ionizzate, e $k = 194$ per protoni.

Una particella ionizzata, fatta circolare entro due elettrodi semicircolari cavi, ed in fase con la d.d.p. ad essi applicata, descriverà perciò, come mostra la fig. 1, un cammino a spirale e ad ogni passaggio da un elettrodo all'altro la sua energia aumenterà secondo l'ammontare della sollecitazione dominante, finchè la particella giunge alla parete della scatola contenente gli elettrodi.

L'energia finale è quindi indipendente dall'altezza della d.d.p., questa influisce soltanto sul numero di giri.

Da quanto si è detto sopra si vede che l'energia finale della particella dipende dalle dimensioni dell'apparecchio e dalla intensità del campo magnetico relativamente alla lunghezza d'onda del campo elettrico.

Se R è il raggio della traiettoria massima (espresso in cm) e λ le lunghezze d'onda (espressa in m) l'energia di una particella è:

$$E = C\,(R\,/\lambda)$$

L'energia E si dà in eMV, se si prende $C = 1{,}83$ per protoni, $C = 3{,}66$ per deuteroni e $C = 7{,}37$ per particelle α.

Siccome l'intensità del campo magnetico è [form. (II)] inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda, ne viene di conseguenza che l'energia della particella cresce come il quadrato del raggio della traiettoria e come il quadrato della intensità del campo magnetico.

Il procedimento per l'accelerazione multipla degli ioni leggeri non è adatto per elettroni, poichè si avverte troppo presto la variazione di massa con la velocità, mentre per protoni e ioni leggeri tale variazione è trascurabile.

Particolare attenzione è stata posta all'accelerazione di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

protoni, anzichè di ioni, a causa della loro utilità negli studi nucleari.

Lawrence e Livingston riuscirono, nelle prime esperienze, a far compiere circa 150 giri al fascio di protoni per mezzo di un campo acceleratore di 4 000 V, ottenendo un fascio di protoni aventi tutti la stessa velocità corrispondente ad oltre un milione di V.

S'intravide però, già fin dagli inizi, la possibilità di generare mediante opportuni accorgimenti e perfezionamenti tecnici, correnti di 10 000 000 volt-protoni.

DESCRIZIONE TECNICA DELL'APPARECCHIO.

Praticamente un ciclotrone è fatto nel modo seguente: tra i blocchi polari di un magnete si trova una scatola di forma circolare (*camera d'accelerazione*) nella quale, portati da isolatori, si trovano i due elettrodi cavi a forma di D. Questi ricevono la loro tensione da un trasmettitore ad onda corta.

Nella camera, prima si pratica il vuoto e poi, per mezzo di una valvola, si fa entrare idrogeno ed elio ad una pressione di 10^{-4} mm d'Hg.

Nel mezzo della camera il gas viene ionizzato mediante bombardamento di elettroni sfuggiti da un filamento metallico reso incandescente.

Tra il campo magnetico e la frequenza del campo alternato esiste la relazione di risonanza: gli ioni incominciano a descrivere le loro traiettorie che diventano a mano a mano sempre più grandi; prima che però raggiungano la parete della camera, essi vengono deviati da un campo elettrico ausiliario in un canale che immette nella *camera di bombardamento*.

Dato che gli elettrodi hanno una determinata capacità, che per ragioni di costruzione non può essere arbitrariamente piccola, viene posto un limite alla frequenza del campo alternato, con ciò è anche fissata l'intensità del campo magnetico che, per ragioni pratiche, non può essere scelta grande a piacere.

In generale si lavora attualmente con oscillazioni elettriche tra 15 e 30 metri di lunghezza di onda e con intensità di campo magnetico non superiore ai 20 000 gauss.

Per innalzare l'energia della particella si deve aumentare il raggio della traiettoria, e cioè le dimensioni della camera di accelerazione e quelle delle espansioni polari del magnete.

I risultati ottenuti, variando il raggio della camera di accelerazione, sono dati dalla seguente tabella, con esperienze fatte con diversi ciclotroni (d = deuteroni; p = protoni; α = particelle α): e dal nomogramma qui riportato che dà i dati dei due ciclotroni costruiti da Lawrence e dai suoi collaboratori.

Una prima linea retta per il punto dei deuteroni e particelle α ed un'altra per protoni danno il campo e la lunghezza d'onda di risonanza; due altre rette intersecanti il raggio degli elettrodi l'energia delle particelle, e altre rette ancora la profondità (approssimata) di penetrazione delle particelle nell'aria.

Le rette tratteggiate mostrano le condizioni nei due ciclotroni di Berkeley (v. fig. 2).

a) *Il magnete.*

Il magnete, usato nei ciclotroni, ha quasi sempre la forma rettangolare di un magnete a doppio giogo.

L'omogeneità del campo magnetico, da esso generato, non deve essere, nei punti a simmetria circolare, minore del 0,1 %; per omogeneità del 0.3 % la corrente di ioni può essere notevolmente indebolita.

Il parallelismo dei blocchi polari deve essere, secondo Lawrence e Livingston, esattamente del 0,2 %, per raggiungere questa esattezza si devono prendere in considerazione le forze meccaniche che possono provocare una deformazione del giogo.

Il nuovo magnete per il ciclotrone di 1,5 m presenta alcune interessanti innovazioni.

In esso il giogo quadrangolare non è composto di 4 pezzi di metallo, come nei ciclotroni costruiti anteriormente, ma per ragioni economiche le 4 parti del giogo sono formate da lamiere metalliche di 5 cm di spessore, tenute assieme da bulloni saldati esternamente, in modo che non si verifichino movimenti dovuti alle rilevanti sollecitazioni magnetiche.

Tale magnete fu costruito a due riprese: dapprima fu montata soltanto la parte inferiore e fatta funzionare per osservare alcuni movimenti dovuti alle forze magnetiche, poi, stabilite dopo precise misure le distanze tra le espansioni, si costruì la parte superiore in modo da avere in punti ad eguale distanza dal centro, scarti massimi di 0,035 mm.

La forma dei pezzi terminali dei poli, che in genere

Autori	Massimo raggio di iori (cm)	Intensità di campo (kgauss)	Lunghez. d'onda del trasm. (m)	Energia degli ioni (e MV)	Intensità di corrente (μ A)	Osservazioni
Lawrence-Livingston	25	18	22	5 H_2	0,1	
Lawrence-Cooksey	28	18	22	6 d	50	
» »	28	18	22	12 α	0,1	
» »	38	15,5	25,5	8,5 d	100	
» »	38	15,5	25,5	17 α	2	
Lawrence e Coll.	60	13,5	29,5	16 d	100	
» »	60	13,5	29,5	32 α	—	
» »	60	6,75	29,5	8 p	—	
» »	60	11,2	29,5	24 He^3	—	
Livingston	16	13	15	2,1 p	5	Con catodo incandesc.
					70	Con arco volt. capill.
Henderson, White	31	13,5	29	9,1 α	0,06	
					0,2	
Du Bridge, Barnes	21,5	14	14	4,2 p	3	
Buck, Strain (Rochester)	29	12,5	15,5	6,5 p	—	
Allen, Sampson Franklin (Barthol)	41	16	25	10,2 d	10	Con catodo incandesc.
					30-50	Con arco volt. capill.
Henderson, King (Purdue)	41	13,5	29	16,5 α	0,03	
				8 d	~ 3	Con arco volt. capill.
Nishina, Yasaki, Watarnabe	27	12,8	30	3 d	20-50	
Rukavichnikow	25,6	8	25	2,1 p	10^{-3}	
Dunning e Coll.	40	9	21	7 p	—	

BIBLIOTECA NAZ. ROMA

Biblioteca nazionale centrale di Roma

hanno forma conica, ha una certa influenza sull'andamento del campo agli orli.

Per la forma più adatta è stata data una formula da Bethe, che fu seguita da Henderson e White nella costruzione del magnete per il loro ciclotrone in Princeton, e da Howe e Walerstein nel ciclotrone di Purdue. La forma migliore, data da Henderson è mostrata in fig. 3: la lunghezza del magnete è di 3,35 m, l'altezza di 2,5 m e la larghezza di 1,22 m.

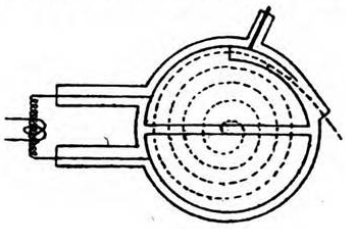


Fig. 1

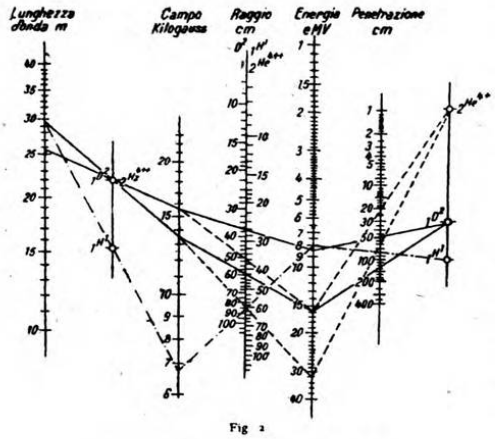


Fig. 2

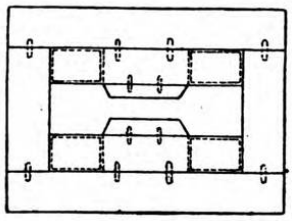


Fig. 3

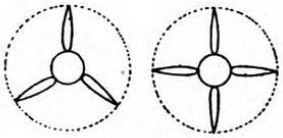


Fig. 4

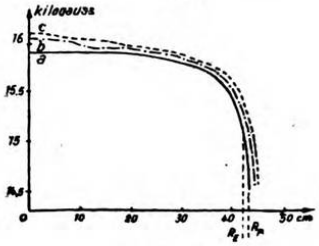


Fig. 5

Come vedremo in seguito, per ottenere una grande corrente di ioni è necessaria una forte messa a fuoco magnetica del pennello di ioni. Per questo bisogna fare in modo che il campo diminuisca un po' dall'interno all'esterno. Le condizioni migliori del campo vengono sempre trovate sperimentalmente.

Si è trovato utile per alzare il campo nella regione intermedia introdurre gradualmente, durante l'esercizio, tra l'espansione polare ed il fondo (od il coperchio) della camera di accelerazione, dei lamierini sottili.

Lawrence e Livingston adoperarono lamierini a forma di punto esclamativo, spinti verso il centro con la parte allargata in avanti.

Altri costruttori consigliano una sovrapposizione piramidale di lamiere circolari, oppure una piastra circolare centrale con liste di lamiera radiali.

La fig. 4 mostra la disposizione dei lamierini data da Allen Samson e Franklin: a sinistra la disposizione dei lamierini superiori, a destra quella dei lamierini inferiori.

L'andamento del campo con e senza correzione, è rappresentato nella fig. 5:

(R_E raggio massimo degli elettrodi, R_p raggio delle espansioni polari): *a*) senza lamierini; *b*) con il solo disco mediano; *c*) con tutti i lamierini.

I lamierini, oltre al compito di mettere a fuoco gli ioni, devono, come viene indicato da Lawrence e Cooksey, mediante opportuni spostamenti, curare che il centro della spirale si trovi nel luogo giusto e che non si porti in altre posizioni.

Per poter mantenere la condizione di risonanza durante il funzionamento è necessario mantenere costante la forza del campo, a tal uopo si regola la corrente mediante un regolatore automatico.

Tali regolatori furono progettati da Gilbert, Hunderson e White, Danforth e Perry e trovano larga applicazione.

b) *La camera di accelerazione.*

Le pareti della camera di accelerazione sono fatte di preferenza di ottone trafilato o di rame, il coperchio ed il fondo sono di acciaio, e abbastanza rigidi da sopportare la pressione atmosferica.

L'altezza della camera è di solito di 10-15 cm.

Più alta è la camera, più alti possono essere gli elettrodi e quindi più grande la corrente ionica.

Nella fotografia fig. 6 si vede la camera di accelerazione scoperchiata, mentre la fotografia fig. 7 dà lo schema della camera di accelerazione di Lawrence e Cooksey per un raggio ionico massimo di 38 cm.

A - isolatori degli elettrodi;
B - sorgente ionizzante con catodo incandescente;
C - condotto della pompa;
D - isolatore con piastra di deviazione;
E - ruote per lo spostamento della camera;
F - chiusura a vuoto della camera di bombardamento;
G - ricevitore con raffreddamento ad acqua;
H - elettrodi a forma di *D*;
I - caduta di aria liquida;
K - sonda per il controllo continuo della tensione agli elettrodi;
L - finestra di osservazione.

La maggior parte degli altri costruttori si è attenuta a questo modello. Vediamolo un po' più da vicino.

Gli elettrodi sono di lamiera di rame imbutita e vengono sostenuti da un telaio di tubi attraverso i quali scorre acqua di raffreddamento. Anche il fondo ed il co-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

perchio della camera sono raffreddati a causa delle forti correnti capacitive che qui scorrono.

Il vuoto viene generato con una pompa a diffusione con una velocità di aspirazione di 100 l al secondo, e mantenuto alla pressione di 10^{-4} mm di Hg.

Per ionizzare gli atomi si adopera un filamento incandescente, centrato dall'esterno sopra un sostegno molleggiato, che poggia sul fondo della camera e lancia un pennello di elettroni in direzione delle linee magnetiche.

Il riscaldamento del filo si ottiene con una corrente ad alta frequenza, ottenendosi una maggiore durata di vita del filamento che con corrente continua.

La formazione di ioni per mezzo di urto elettronico fra gli elettrodi è stata studiata minutamente da Wilson.

Si è trovato che a 600 V di tensione e con una emissione di circa 15 mA si ha una saturazione della ionizzazione, condizionata dalla posizione e dalla schermatura del catodo.

La ionizzazione che si produce è, sempre secondo misure di Wilson, molto più grande di quella che la teoria lasci supporre.

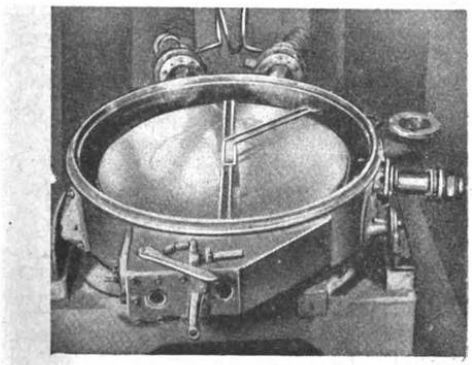


Fig. 6

Ciò si spiega con un movimento oscillatorio degli elettroni in direzione delle linee magnetiche, movimento che entra in gioco nel cambiamento della tensione agli elettrodi durante il passaggio di quegli elettroni che si trovano esattamente in fase.

Nel piano mediano degli elettrodi questi elettroni sono più lenti e producono maggiore ionizzazione. L'aumento della ionizzazione in detto piano può essere osservata anche ad occhio nudo attraverso la finestra di osservazione.

Livingston, Holoway e Baker hanno ultimamente descritto una sorgente di ioni capillare, con arco a bassa tensione (fig. 8), che permette di ottenere una maggiore corrente di ioni; essa è stata adottata in parecchi laboratori con buoni risultati. Livingston ed i suoi collaboratori riuscirono con questo mezzo a portare la corrente di protoni, nel ciclotrone di Cornell, da 5 μA a 70 μA.

Questa sorgente dà i seguenti vantaggi: maggiore intensità della corrente ionica e sorgente puntiforme, di modo che è minore il numero degli ioni non centrati.

Inoltre si può deviare più facilmente il pennello ionico e tenere più alto il vuoto nella camera, diminuendo la possibilità di scariche.

Quando il pennello ionico ha percorso la traiettoria di raggio massimo viene deviato per mezzo di un campo elettrico ausiliario ed introdotto nella *camera di bombardamento*, attigua alla camera di accelerazione e divisa da questa mediante una sottile finestra di alluminio.

Le ricerche di Wilson sulla messa a fuoco del raggio ionico hanno confermato l'ipotesi che solo una piccola parte di corrente ionica può essere deviata dalla piastra e venire utilizzata.

Ciò si può osservare sperimentalmente introducendo tra gli elettrodi sonde speciali.

La fig. 9 riporta uno schema di tali sonde.

La sonda (a, b, c), piegata in c per non intercettare il pennello ionico, viene colpita dagli ioni in b.

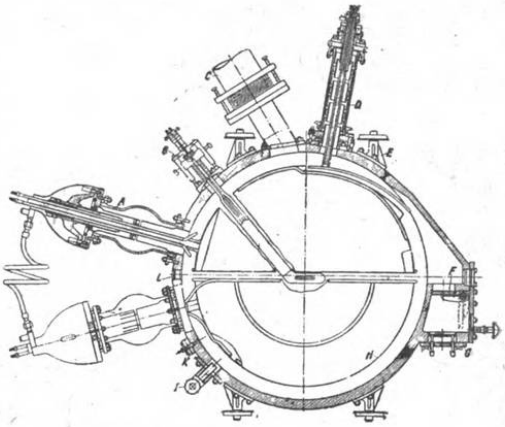


Fig. 7

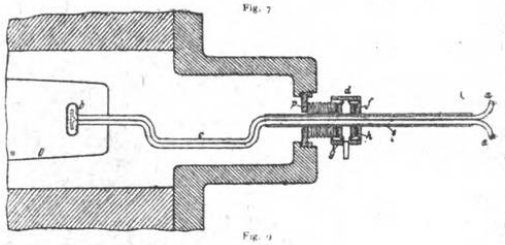


Fig. 9

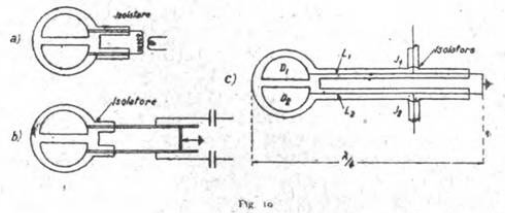


Fig. 10

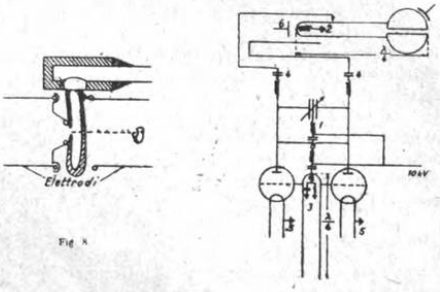


Fig. 8

Fig. 11

Essa è saldata ad un tubo di ottone che può scorrere a perfetta tenuta nella doppia guarnizione di gomma d, f, g, h.

p indica la finestra di osservazione, segnata in fig. 7 con L.

R indica la posizione dell'elettrodo.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Per valutare le correnti ioniche mediante la sonda si misura, essendo possibile calcolare la energia degli ioni captati dal raggio del loro cammino, il riscaldamento dell'acqua che raffredda la sonda, precisamente: se Δt è l'aumento di temperatura dell'acqua, F la sua velocità, V l'energia media degli ioni, la corrente alla sonda espressa in μA è data da

$$i = 4{,}18\, F\, \Delta t / V$$

Si è trovato che con tali sonde si possono captare correnti di ioni 10 volte maggiori del raggio deviato.

L'importanza delle sonde è dovuta al fatto che esse servono, come vedremo, a produrre sostanze radioattive di lunga durata.

Usciamo ora dall'interno della camera di accelerazione e consideriamo il sistema collegante gli elettrodi al trasmettitore.

Gli elettrodi comunicano col trasmettitore per mezzo di isolatori di un vetro speciale avente una perdita dielettrica relativamente piccola. Nell'interno essi portano tubi metallici che assicurano una distribuzione uniforme del potenziale ed impediscono cariche sulle pareti.

La costruzione di tali isolatori è uno dei problemi più difficili concernenti la costruzione della camera di accelerazione, per il fatto che essi devono sostenere una forte tensione ad alta frequenza ed essere anche fortemente sollecitati meccanicamente; perciò ultimamente si è cercato di fare a meno di essi, facendo il sostegno degli elettrodi così lungo da potere oscillare come un fattore concentrico, con $\lambda/4$.

Lo schema del nuovo sistema di vibrazione è rappresentato nella fig. 10 e confrontato con gli schemi dei sistemi anteriori:

a) accoppiamento induttivo;

b) il circuito degli elettrodi come circuito oscillante con $\lambda/4$, accoppiamento capacitivo al trasmettitore attraverso conduttori concentrici col vantaggio di una bassa impedenza (adottato nel piccolo ciclotrone di Berkeley);

c) i due elettrodi D_1 D_2 formano con il sostegno una specie di sistema Lecher che vibra con $\lambda/4$. Ciò ha il vantaggio che l'accoppiamento al trasmettitore può essere fatto in un punto che ora è sottoposto ad una tensione più piccola di quella degli elettrodi. In seguito a ciò gli isolatori J_1 J_2 (attraverso a cui passa la conduttura), che una volta si trovavano all'entrata della camera di accelerazione e che causavano sempre qualche inconveniente, vengono fortemente scaricati.

Con questo nuovo sistema di vibrazione ci sono però da superare difficoltà di ordine costruttivo: i conduttori L_1 L_2 devono naturalmente essere costruiti in forma di robusti sostegni, dovendo sostenere gli elettrodi, ed avere inoltre ad un loro estremo un'articolazione mobile per adattarvi gli elettrodi.

L'intero sistema si deve poi trovare nel vuoto spinto, essendo in comunicazione diretta con la camera di accelerazione.

Questo sistema è stato sperimentato per la prima volta da Dunning e Anderson nel ciclotrone di Columbia ed adottato in seguito nel nuovo ciclotrone di Berkeley.

Esso offre anche dei vantaggi dal lato elettrico, come vedremo nel paragrafo seguente.

c) *Il trasmettitore.*

La condizione di risonanza nel ciclotrone, che si può leggere sul nomogramma di fig. 2, richiede in genere, quando si lavora con deuteroni e raggi α, un generatore di lunghezza d'onda fra i 20 e 30 m; per protoni si può arrivare fino a lunghezze d'onda di 15 m.

In ogni caso però non ci si deve aspettare una grande corrente ionica perchè con tali lunghezze di onda non si può raggiungere agli elettrodi una tensione sufficientemente elevata.

Per avere una corrente tra i 10 ed i 100 μA è necessaria una tensione fra 50 e 100 kV; tensioni così alte possono soltanto essere raggiunte con trasmettitori la cui potenza vada da 30 a 70 kW.

Da misure fatte col ciclotrone di Berkeley risulta che la corrente ionica che diventa apprezzabile a 30 kW, sale molto rapidamente con l'aumentare della potenza ed a 60 kW raggiunge già all'incirca i 100 μA.

Attualmente si può mantenere in esercizio un generatore soltanto al disopra dei 22 m, perciò se non ci sono motivi che costringano, come nel caso di protoni, p. es., ad operare con lunghezza d'onda minore, si tenta sempre di avere lunghezze d'onda sui 30 m.

Nella maggior parte dei casi si adopera oggi un generatore autoeccitato che, oltre ad essere il più adatto per il funzionamento del ciclotrone, ha il vantaggio che si può montare facilmente; le difficoltà da vincere in un generatore siffatto sono dovute principalmente al prodursi di forti oscillazioni.

Per avere un buon rendimento è necessario:

a) avere una costruzione il più possibile simmetrica;

b) evitare l'uso di conduttori di collegamento, che possono subire facilmente danni durante il funzionamento;

c) tenere bassa la resistenza nei circuiti. A tale scopo ora si sostituisce alle bobine che si utilizzavano per accoppiamento induttivo, conduttori concentrici o sistemi Lecher con $\lambda/4$ (v. fig. 10). Tali conduttori vengono utilizzati tanto nel circuito oscillante degli elettrodi, come abbiamo già visto, quanto nel circuito anodico e di griglia.

A titolo di esempio la fig. 11 dà lo schema del generatore che ha dato ottima prova nel piccolo ciclotrone di Berkeley, e che viene usato in gran parte dei ciclotroni ora in efficienza.

Il circuito anodico (1) comprende un condensatore variabile ad aria, che è protetto mediante l'introduzione di un potenziale intermedio dalle sovratensioni.

La tensione anodica introdotta è di 10 kV, la corrente anodica è tra 3 e 6,5 A.

Tale circuito prende il suo pieno carico solo quando si ha nel circuito degli elettrodi un corto circuito dovuto a scariche.

In funzionamento normale si ritrova il 20-30 % della potenza anodica nel circuito degli elettrodi.

Uno dei capi del circuito degli elettrodi è a terra per impedire sovraccariche: in vicinanza di questo circuito si trova anche una piastra mobile (6) che si può avvicinare più o meno a questo sistema Lecher, e far così variare entro certi limiti la lunghezza d'onda e mantenere continuamente le condizioni di risonanza durante il funzionamento.

L'accoppiamento del circuito anodico (1) al circuito degli elettrodi (2) avviene attraverso una trasmissione (4) che in questo caso è regolata su $\lambda/2$.

Il circuito di griglia (3) è composto anche esso di un sistema Lecher, regolato su $\lambda/4$.

Per la messa a punto iniziale del trasmettitore servono essenzialmente le seguenti tre variabili:

1) la capacità nel circuito anodico;

2) la lunghezza del circuito di griglia;

3) la distanza della piastra nel circuito degli elettrodi.

La tensione agli elettrodi nel ciclotrone di Berkeley con il trasmettitore sopradescritto ammonta a 100 kV circa.

d) *Impianto completo.*

Un ciclotrone in completo assetto di funzionamento possiede oltre le tre parti principali già trattate, ancora una serie di apparecchi ausiliari, che ora brevemente enumereremo.

Si ha dapprima un gran numero di *apparecchi di pro-*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tezione che difendono ogni parte da eventuali danneggiamenti, così tutte le condutture di acqua sono fornite di *soccorritore* che qualora la corrente di acqua cessasse, interrompono il circuito corrispondente.

Per impianti potenti il consumo di acqua, destinata al raffreddamento, è notevole, poichè si devono continuamente raffreddare oltre al magnete anche la camera di accelerazione, i tubi a vuoto e la pompa.

Si preferisce allora raffreddare con acqua a ciclo chiuso, specie quando l'acqua a disposizione è fortemente calcarea, perchè i tubi sottili di raffreddamento nel caso di acqua corrente si ostruirebbero con molta facilità.

Problema importante è quello di *fornire la corrente*; uno dei più grandi impianti consuma circa 100-150 kV.

Per assicurare l'entrata di una tale potenza nel laboratorio si deve proteggere tutta la restante rete del laboratorio dall'alta frequenza.

La protezione più sicura viene data da un complesso convertitore, oppure fornendo il primario di potenti valvole.

Bisogna poi proteggere il personale di servizio dall'effetto dei raggi di neutroni veloci e dei raggi γ, i quali hanno tale intensità che in vicinanza della camera di accelerazione si può in pochi minuti venire danneggiati.

Per prima cosa si pone quindi il quadro di comando il più lontano possibile dal ciclotrone, in secondo luogo si circonda il ciclotrone di una cassa di acqua per frenare i neutroni veloci.

Se il ciclotrone è sotterraneo, questa protezione viene fatta dal terreno circostante, la cassa di acqua può venire collocata soltanto nella direzione del quadro.

Dancoff ha calcolato che un cassone di 1,5 m di spessore diminuisce l'intensità di un raggio di neutroni di 10 emV nel rapporto 10^{-5}, lo stesso spessore di acqua assorbe però solo la 10^{-3}-ma parte dei raggi γ che si hanno contemporaneamente al passaggio dei neutroni nell'acqua; perciò quando un ciclotrone funziona bisogna controllare l'intensità di radiazione in tutti i posti di lavoro situati nelle vicinanze.

Vediamo ora i risultati pratici di alcuni ciclotroni: il ciclotrone di Barthol dava nei primi esperimenti una corrente di deuteroni di 10,2 emV, una corrente di protoni di 4,1 emV, e dopochè fu ingrandito, l'energia raggiunta con i protoni fu di 6,5 emV.

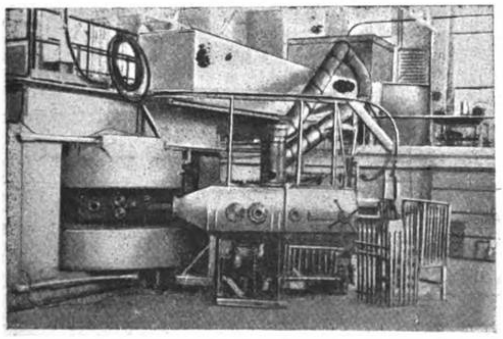


Fig. 12

Il ciclotrone di Purdue è stato finora usato quasi esclusivamente con raggi α, perchè non si era prevista nessuna protezione sufficiente contro i neutroni, e perciò parve pericoloso al personale il funzionamento con deuteroni.

Per maggiori dati di funzionamento dei ciclotroni sopracitati e di alcuni altri rimandiamo alla tabella precedente.

Le fotografie 12-13-14 mostrano il nuovo ciclotrone di Lawrence e collaboratori a Berkeley, che ha un raggio polare di 1,5 m ed un peso complessivo di 220 t.

La fotografia 12 mostra: a sinistra il magnete con la camera di accelerazione; sul davanti la cassa cilindrica contenente i sostegni degli elettrodi.

In alto in fondo il generatore, accoppiato con grandi conduttori di rame al circuito degli elettrodi.

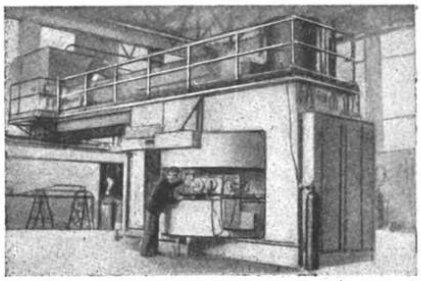


Fig. 13

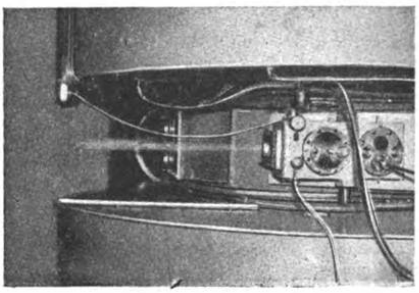


Fig. 14

La cassa di lamiera posta a sinistra vicino al generatore contiene il sistema Lecher del circuito di griglia.

Il cavo nero porta l'alta tensione alla piastra di deviazione.

Fotografia 13: il ciclotrone visto dalla parte della camera di bombardamento; la cassa nera sovrastante al magnete contiene l'impianto ad alta tensione per la piastra di deviazione.

A sinistra in alto si osserva ancora la camera del generatore, l'inizio dei conduttori di collegamento e la cassa di lamiera per il circuito di griglia.

Fotografia 14: un fascio di deuteroni, sotto 16 milioni di V, attraversa l'aria per un metro e mezzo circa.

Queste particelle emergono dal vuoto della camera di bombardamento alla velocità di circa 18 000 miglia al secondo.

Rallentando nel corso del loro tragitto, cedono la loro energia alle molecole dell'aria che assumono luminescenza violetta.

In questo ciclotrone hanno trovato applicazione tutte le esperienze che si sono fatte in Berkeley dal 1930 in poi.

Esso dà deuteroni di 16 emV e particelle α di 32 emV, le energie più alte finora ottenute.

Mentre in questi anni si è messo in opera questo grande ciclotrone, sempre nello stesso laboratorio si lavora già intorno ad un impianto ancora più grande che deve dare particelle di 100 emV.

Il magnete avrà un diametro di 4,7 m ed il ciclotrone un peso di 4900 t.

(*continua*)

Biblioteca nazionale centrale di Roma

LETTERE ALLA REDAZIONE

Ancora sull'un ficazione delle tensioni.

La lettera del Prof. Dalla Verde comparsa sul numero del 25 agosto de L'Elettrotecnica, *è giunta molto opportuna in quanto ha finalmente resa pubblica la tabella delle tensioni proposte per l'unificazione.*

È impressione ai numerosi autorevoli colleghi e anche mia che i valori in parola (mi riferisco specialmente alla parte relativa alle reti industriali) siano stati scelti molto opportunamente e che pertanto gli stessi abbiano ad essere, nella maggioranza, adottati: personalmente osservo che i valori di 1 000 V e di 45 000 V, potrebbero vantaggiosamente essere depennati, come assai poco diffusi, e che alcuni altri quali il 0,5 kV, il 6 kV ed il 20 kV potrebbero essere collocati fra parentesi, essendo preferibile ridurre al minimo veramente indispensabile *i valori da unificare; infine il 120 kV e l'80 kV potrebbero forse essere sostituiti da un'110 kV; si tratta però di osservazioni di dettaglio giacchè, sia sulla necessità dell'unificazione, sia sull'insieme dei valori proposti, ritengo che la grande maggioranza degli interessati si dichiarerà praticamente d'accordo.*

In definitiva, le tensioni unificate (trifasi concatenate — 50 Hz —) potrebbero a mio avviso essere ridotte alle seguenti:

220 - 380 - (500) - 3000 - (6000) - 10 000 - (20 000) - 30 000 - 60 000 - (110 000) - 150 000 - 220 000 - 400 000.

Tanto meglio se si deciderà di depennare senz'altro i valori tra parentesi.

Le tensioni sopraindicate s'intendono riferite ai morsetti degli apparecchi utilizzatori, cioè — in particolare per le minori tensioni — ai morsetti dei motori: dato però che non si può prescindere dalla caduta fra le macchine alimentatrici (generatori o secondari dei trasformatori) e gli utenti, sembra necessario unificare anche i valori da assumere convenzionalmente per tali cadute, il che equivale a stabilire una serie di tensioni unificate da valere per i generatori. Negli impianti fino a 10 kV potrebbe essere convenzionalmente assunta la caduta del 5 %, cosicchè le tensioni riferite ai morsetti dei generatori (od al secondario dei trasformatori a 1/1 carico) dovrebbero essere le seguenti:

230 - 400 - (525) - 3-150 - (6 300) - 10 500 V.

Non sembra invece possibile estendere questo concetto agli impianti per tensioni più elevate, nei quali la caduta di tensione fra la partenza e l'arrivo è generalmente assai superiore al 5 %: d'altra parte io sono sempre del parere, già esposto in precedenza (1), *che per gli impianti oltre i 30 kV sia preferibile limitarsi, almeno in un primo tempo, ad unificare non le* tensioni *ma soltanto le* classi di isolamento, *con che la questione relativa alle cadute verrebbe per lo meno rinviata.*

Un'importante osservazione è poi da fare pel caso degli alternatori di grande potenza allacciati alla rete attraverso un proprio trasformatore elevatore. Macchine siffatte, almeno quando la loro potenza superi un determinato limite, dovrebbero fare eccezione alla regola: il costruttore dovrebbe cioè essere lasciato libero di scegliere per questi alternatori, la tensione più idonea in relazione alle caratteristiche effettive in gioco, indipendentemente dai valori sopraesposti È da notare infatti che da un lato il circuito alla « tensione di macchina » ha in questi casi uno sviluppo estremamente ridotto e soprattutto che lo stesso non interferisce con alcun altro sistema (salvo la presenza di qualche trasformatore di misura), dall'altro che il prescrivere una determinata tensione nel caso di alternatori di potenza molto elevata, può rendere la loro costruzione assai più costosa e più difficile.

Il vantaggio di una unificazione nel campo dei grandi alternatori è già di per se stesso alquanto discutibile dato che queste macchine non possono evidentemente essere trasportate da una centrale ad un'altra, essendo troppo intimamente legate all'impianto pel quale sono state progettate: le difficoltà costruttive derivanti dal dover adottare una tensione obbligata, non permettendo al calcolatore di adottare il tipo di avvolgimento più adatto in relazione alle caratteristiche costruttive della macchina (cioè il più robusto e più economico), potrebbe trasformare il problematico vantaggio in un danno effettivo.

Ritengo di poter concludere che per gli alternatori la cui potenza oltrepassa determinati limiti, beninteso da stabilire (ad es. 20 000 kVA oppure 1 000 kVA per paia poli), le tensioni unificate dovrebbero essere considerate solo come « raccomandate » e non come tassativamente « prescritte ». A parte però questa eccezione ben circoscritta e riguardante i soli alternatori di grande potenza, sarebbe augurabile che l'unificazione delle tensioni anche per i generatori venisse sancita al più presto, comunque prima dell'inizio delle ricostruzioni che dovranno pur aver luogo nel dopoguerra.

Con ossequio. A. Giacomoni

Milano, 20 Ottobre 1944.

(1) Vedere « L'Elettrotecnica », n. 22 del 25 Novembre 1943.

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Progetti di unificazione. — L'Ente Nazionale per l'Unificazione nell'Industria, UNI, ha pubblicato in via sperimentale i progetti delle seguenti unificazioni.

Acciaio semplice in prodotti laminati a caldo: lamierini neri ricotti aventi spessori da 0,4 *a* 4 *mm*: una Relazione e 4 Tabelle provvisorie.

Catene a rulli: una Relazione e 3 Tabelle provvisorie.

Le Relazioni vengono inviate gratuitamente a chi ne faccia richiesta all'UNI (Milano, Piazza Diaz 2); le Tabelle sono in vendita a L. 3 ciascuna.

Gli interessati possono inviare le loro osservazioni, corredate con le indicazioni desunte dai risultati dell'applicazione sperimentale fatta, all'UNI entro un termine che sarà fatto noto a suo tempo.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

B. Maldotti: *Elementi di meccanica applicata alle costruzioni.* (Milano, Hoepli, 1945. Un volume di 18×25 cm, di 348 pagine con 449 figure - Prezzo L. 160).

Il libro che si è già fatto favorevolmente conoscere, appare ora in una seconda edizione riveduta a cura di L. Pinchetti.

Esso è sostanzialmente inteso a favorire l'introduzione del lettore, che sia dotato di una adeguata preparazione tecnica generale, ai problemi fondamentali più importanti della scienza delle costruzioni. La esposizione, senza derogare mai dal più stretto rigore scientifico, è facile e piana quanto la materia lo consente; l'apparato matematico è ridotto al minimo indispensabile. Il volume raggiunge così efficacemente il fine voluto.

Il volume è diviso in due Parti. La prima ha carattere introduttivo e generale e comprende 6 capitoli: Vincoli e reazioni; Sforzi interni; Poligoni funicolari e loro applicazioni; Carichi continui; Travature reticolari; Momenti di primo e di secondo ordine.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Nella seconda Parte si entra nel vivo della materia introducendo la considerazione dell'elasticità dei corpi. Nei primi capitoli sono studiate le sollecitazioni semplici e la pressoflessione. In un successivo capitolo sono considerate le sollecitazioni composte e le verifiche di stabilità. Seguono i capitoli dedicati a: Lavoro di deformazione; Calcolo dei sistemi iperstatici col principio dei lavori virtuali; Teorema del Castigliano e sue applicazioni; Linee di influenza.

Il libro può riuscire assai utile agli studenti delle Scuole di Ingegneria ed anche a chi, non più studente, voglia rinfrescare le proprie idee sui fondamenti della scienza delle costruzioni. *N.*

DALLE RIVISTE

Le telecomunicazioni internazionali - Prospettive di avvenire. (Journal Télécomunications, settembre 1944, pag. 137 a 149).

Nel campo delle telecomunicazioni è essenziale avere qualche regolamentazione internazionale. Vi sono in proposito 3 Comitati tecnici che erano riconosciuti ufficialmente e cioè il Comitato Consultivo Internazionale Telegrafico; il Comitato Consultivo Internazionale Telefonico; il Comitato Internazionale Consultivo di Radiocomunicazioni.

La questione più difficile e più controversa, dopo la Convenzione radiotelegrafica di Washington del 1927, è stata quella della attribuzione delle frequenze. La soluzione finale del problema si potrà avere soltanto quando si potrà sapere in quale misura alcuni degli impieghi della radio usati durante la guerra potranno essere adattati ai bisogni del tempo di pace. Lo spettro delle frequenze utilizzate è stato notevolmente allargato ma nello stesso tempo sono molto accresciute le richieste.

Il raggio di azione della telefonia internazionale è ancora limitato, ma è facile prevedere per essa un grandioso sviluppo. È vero che qualunque abbonato europeo può essere collegato a un abbonato dell'America o dell'Australia o in qualunque altro paese se è disponibile un collegamento radio. Ma la limitazione viene dal piccolo numero delle vie radio: cinque dall'Inghilterra con gli Stati Uniti di America, una verso l'Australia, le Indie, il Canadà e l'Africa del Sud. Vi sono poi le difficoltà inerenti ai collegamenti radio a grande distanza, per la necessità di adottare onde di varia lunghezza nelle diverse ore della giornata. Per queste ragioni le comunicazioni internazionali via radio sono poco sviluppate in confronto a quelle su circuiti metallici: esistono 200 circuiti fra l'Inghilterra e il continente europeo, di cui 60 verso Parigi, 21 verso Amsterdam, 15 verso Bruxelles. Assai meno sviluppati erano i collegamenti verso l'Europa orientale e meridionale.

Prima della guerra la rete europea a grande distanza era sopratutto sotterranea con circuiti caricati con ripetitori nella banda di frequenze acustiche; tuttavia esistevano alcuni circuiti aerei. Dopo la guerra bisognerà prendere in considerazione l'impiego della tecnica delle frequenze portanti e dei cavi coassiali.

Un grande progresso si è fatto riguardo alle possibilità di chiamata diretta sulla rete internazionale coll'uso di correnti a frequenza vocale che attraversano gli amplificatori della rete e possono essere impiegate per trasmettere impulsi che servono a comporre un numero di chiamata.

Non vi sono difficoltà insormontabili ad adottare un sistema di selezione automatica anche se si tratta di due abbonati abitanti in due città molto lontane fra loro; il controllo della chiamata, lo stabilirsi e l'interrompersi della comunicazione, lo stabilimento del prezzo alla tariffa opportuna, e l'avviso della tassa da pagare, possono avvenire in modo completamente automatico senza l'intervento di un operatore.

Un campo in cui si può provedere un grande sviluppo per la telefonia è il collegamento su grandi distanze, per le quali finora non si erano potuti adoperare i cavi sottomarini causa la forte attenuazione. La possibilità di realizzare collegamenti metallici efficienti risolverebbe le difficoltà relative all'affollamento dell'etere per i collegamenti radio. Vi possono essere in proposito due vie.

La prima consiste nello sviluppare il più possibile i collegamenti terrestri. Fra l'Inghilterra e l'America, anche facendo scali in Groenlandia e in Islanda, la più grande distanza marina da sorpassare è di circa 1280 km; se invece si procede al collegamento fra Londra e New York per via terra passando per l'Alaska, le Isole Aleutine, e la Russia, si può ridurre il più lungo tratto di mare a 375 km. Altrettanto si può dire effettuando il collegamento fra Londra e Melbourne per l'Europa, l'India, la Birmania, le Indie Olandesi e il Mare di Timor.

Impiegando i moderni tipi di conduttori e di dielettrici è probabile che si potrebbe ottenere un solo circuito telefonico su un cavo transatlantico passante per l'Islanda e la Groenlandia, mentre lo stesso tipo di cavo sottomarino permetterebbe di avere due o tre circuiti scegliendo la via dell'Alaska-Russia; e se si posassero due cavi, uno per ogni direzione, il numero dei circuiti sarebbe portato a sei.

La seconda soluzione è l'impiego di ripetitori sommersi. È interessante rilevare come l'introduzione di un ripetitore sommerso permetta di accrescere il numero dei circuiti che possono essere ottenuti con un paio di cavi sottomarini moderni isolati in gomma: con 375 km e senza ripetitore si avrebbero 6 circuiti; con un ripetitore, il numero dei circuiti salirebbe a 16; con 2 ripetitori, a 32; e con 4 ripetitori i circuiti salirebbero a 60. Questi valori non tengono conto delle possibilità di dispositivi, come il Vocoder, che permettono di comprimere la parola in una stretta banda e di trasmetterla per codice, i quali possono presentare applicazioni importanti per aumentare il numero di conversazioni effettuabili con un cavo.

È attualmente in opera un ripetitore di tipo sommerso di carattere sperimentale su un cavo sottomarino fra l'Inghilterra e l'Islanda. Esso è contenuto in una cassa cilindrica lunga 1,55 m e di diametro esterno di circa 35 cm. Il ripetitore ha 3 stadi con tubi elettronici standardizzati; in ogni stadio sono previsti tre tubi di ricambio e la sostituzione può essere automatica se una delle valvole va fuori servizio; la combinazione delle valvole può essere stabilita mediante dispositivo di commutazione all'esterno installato ad una estremità del cavo. L'energia è fornita al ripetitore sotto forma di corrente continua 0,63 A a 220 V; le tre batterie di riscaldamento sono disposte in serie. Il guadagno dell'amplificatore è di 70 decibel a 504 kc/sec; esso ha approssimativamente una reazione di 28 decibel per tutte le frequenze di lavoro; l'egualizzazione dei livelli avviene nel circuito di reazione e il livello di uscita è di circa 5 decibel. Il peso del ripetitore completo è di circa 900 kg. Esso è stato messo in opera e collegato al cavo da uno dei piroscafi speciali del Post Office e ha dimostrato funzionamento soddisfacente.

Questo primo tentativo permette di considerare con ottimismo i futuri progressi in questo campo.

Nel campo della telegrafia si nota un orientamento verso una trasformazione completa; la trasmissione fra distanze non troppo brevi si effettuerà probabilmente in avvenire su frequenze vocali con 18 vie simultanee sullo stesso doppino, usando apparecchi di trasmissione di tipo telescrivente. Nell'esercizio internazionale con telescriventi si è adottato il codice Murray sotto la forma detta alfabeto telegrafico N. 2; la velocità di trasmissione è stata fissata a 50 baud e il numero di lettere per linea a 69. Nel sistema a frequenza vocale la separazione fra le frequenze portanti è stata fissata a 120 p/s e la fre-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quenza più bassa del sistema a 420 p/s. Negli Stati Uniti però queste norme adottate dal C.C.I.T. non sono osservate; in particolare lo spazio fra le frequenze del sistema a frequenze vocali è di 170 p/s e la capacità per paio di fili è minore che in Europa.

È da ritenersi che l'esercizio a telescriventi a vie multiple si diffonderà moltissimo dopo la guerra a distanze sempre più grandi; è naturalmente essenziale che le apparecchiature terminali siano le stesse e quindi si impone una coordinazione internazionale estesa a tutti i paesi civili.

Anche la trasmissione di fotografie fra i paesi europei è stata regolata dal C.C.I.T. e si ha quindi la possibilità di trasmettere fotografie fra due punti qualunque della rete telefonica europea; anche qui una regolamentazione internazionale è essenziale per estendere tale servizio a tutto il mondo.

Nel campo della radio un regolamento internazionale è ancora più necessario. Bisogna effettuare cambiamenti essenziali nelle attuali distribuzioni delle onde disponibili tenendo conto dei progressi compiuti nel campo delle frequenze più elevate.

Per la televisione bisognerà procedere più cautamente nella regolamentazione trattandosi di una tecnica ancora in via di sviluppo, onde non recare inciampi al progresso; ma d'altra parte una completa libertà porterebbe poi a una confusione intollerabile. Resta ancora da vedere fra l'altro in quali proporzioni la televisione si ripartirà fra la trasmissione per radio e quella su filo; per grandi distanze entrano in considerazione anche i cavi coassiali. Durante la guerra si sono fatti ulteriori progressi che potranno a suo tempo essere utilizzati anche nei servizi civili. *Ri.*

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NECROLOGIO

La sera del 23 dicembre 1944 è mancato all'affetto dei suoi ed alla stima di quanto lo conoscevano,

l'Ing. **AUGUSTO MANTOVANI**

Socio della Sezione di Milano dell'AEI.

Nato a Pavia il 30 aprile 1884 Egli era ancora nel vigore della Sua energia lavorativa ed ha chiuso la Sua esistenza lasciando vivo rimpianto per la Sua operosa attività e la dirittura morale che Lo distinguevano.

Fin da studente rivelò tali Sue qualità che Gli ottennero l'ammissione al Collegio Ghisleri di Pavia; le affermò quando — laureatosi giovanissimo presso il Politecnico di Milano — riuscì vincitore del Premio, del Politecnico stesso, per un lavoro di elettrotecnica. Tale Sua prima vittoria Gli permise di frequentare per un anno di perfezionamento l'Università di Montefiori a Liegi e poi ottenere, al Suo ritorno in Italia un posto di piena fiducia presso la Ditta Marelli e successivamente presso la S.I.P.E.

In questa seconda Società tenne il posto di Capo dell'Ufficio Tecnico dal 1915 al 1919, e spiegò la Sua attività nell'ampliare lo Stabilimento di Cengio e nel costruire i nuovi Stabilimenti di Ferrania e Forte dei Marmi.

Dopo tale preparazione, che segnò l'esordio della Sua vita industriale, ormai pronto ad assumere iniziative personali, istituì un Ufficio di Consulenza Tecnica attraverso il quale ebbe la soddisfazione di progettare gli impianti di alcune fra le più importanti fabbriche italiane.

Fondò poi la Sua Ditta per impianti industriali dedicandosi totalmente alle centrali termiche e termoelettriche, sia in Italia che all'estero (Brasile, Anatolia).

Recentemente la Sua attività si svolgeva nella costruzione di oleodotti e tubazioni in genere.

Anima sensibile a tutte le forme di bellezza e di bontà, si era formato una vasta coltura, oltre che tecnica, anche letteraria e musicale.

Quando le condizioni di salute limitarono la Sua attività, intese ancora prepotente la spinta verso lo studio di ogni miglioramento nel campo tecnico e aggiornamento in quello letterario e musicale.

La Sua memoria rimane viva in una aureola di stima ed affetto in quanti lo conobbero e Gli furono vicini nella vita e nel lavoro.

Indimenticabili le Sue doti morali, prima fra tutte la bontà, che manifestava specie verso i Suoi dipendenti anche i più umili con una espressione veramente paterna.

Queste Sue doti morali Lo fanno vivere ancora fra noi nel ricordo più caro e venerato. All'affetto dei familiari non è secondo quello degli amici e delle Sue dilette maestranze, tanto da potersi ripetere per Lui: « *Abiit non obiit* ».

ERRATA CORRIGE

L'ing. G. Di Vito ci segnala alcuni errori di composizione avvenuti nel suo articolo su « Motori sincroni e asincroni per azionamento di compressori » pubblicato sul N. 13 de *L'Elettrotecnica* del 1943. Sebbene sia trascorso alquanto tempo riportiamo qui la segnalazione di tali errori che infirmano la validità di alcune formule necessarie nelle calcolazioni.

Pag. 279 – formula (8):

invece di: $C \int i\,dt$ *leggasi:* $\frac{1}{C} \int i\,dt$

Pag. 283 – denominatore formula (22):

invece di: C_v *leggasi:* $p\,C_v$

Pag. 285 – denominatore formula (39):

invece di: $\sqrt{p^2 D^2 + \left(v\,\Omega_m \frac{J}{p} - \frac{S}{v\,\Omega_m}\right)^2}$

leggasi: $\sqrt{D^2 + \left(v\,\Omega_m \frac{J}{p} - \frac{S}{v\,\Omega_m}\right)^2}$

Pag. 285 – denominatore formula (40):

invece di: $\Omega_m\, p\, D$ *leggasi:* $\Omega_m\, p\, Dv$

Pag. 286 – formula (47):

invece di: $P\,D^2 = 3{,}49 \left(\frac{100}{n}\right)^3 p\,C_1' z$

leggasi: $P\,D^2 = 3{,}49 \left(\frac{100}{n}\right)^3 p\,P_1' z$

Pag. 286 – 2ª colonna – riga 19ª dal basso:

invece di: C_1' è la coppia *leggasi:* P_1' è la potenza

Per il cambio di indirizzo inviare Lire **6.—** unitamente alla fascetta vecchia

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. ID

Elenco delle abbreviazioni – Convertitori, raddrizzatori, ecc. – Elettrochimica ed elettrometallurgia – Elettrofisica e magnetofisica – Idraulica – Impianti – Materiali – Misure – Motori primi – Statistica – Telefonia, telegrafia e televisione – Trasformatori.

SUNTI E SOMMARI

Pubblichiamo l'elenco delle abbreviazioni usate per indicare i principali periodici che vengono più frequentemente recensiti nelle rubriche: Dalle Riviste, Sunti e Sommari e Cronaca Tecnica, del nostro giornale.

Accademia Torino: Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino (Classe Scienze Fisiche e Naturali) - Torino, Via Accademia delle Scienze 4. — **Acqua:** L'Acqua - Roma, Piazza S. Bernardo 101. — **Acta P. A. S.:** Acta-Pontificia Academia Scientiarum - Città del Vaticano. — **A. E. G. Mitt.:** A. E. G. Mitteilungen - Berlino, N W 40 - Friederich Karl Ufer 2/4. — **A. F.:** Alta Frequenza - Milano, Via San Paolo, 10. — **Alluminio:** Alluminio - Milano, Via Cappellari, 2. — **Anales Fis. Quim.:** Anales de la Real Sociedad Española de Fisica y Quimica - Madrid (8), San Bernardo, 49 (Universidad). — **Anales Mec. Elec.:** Anales de Mecanica y Electricidad - Madrid, Reina 31. — **Annales P. T. T.:** Annales des Postes, Télégraphes, Téléphones - Parigi, 5, Rue Bertrand, 24. — **Annales Jassy:** Annales Scientifiques de l'Université de Jassy - Jassy (Rumenia), Strada Carol. — **Annali LL. PP.:** Annali dei Lavori Pubblici - Roma, Ministero LL. PP. — **Apparecchiatura:** Apparecchiatura - S. A. Magrini - Bergamo. — **Archiv. f. Elektr.:** Archiv für Elektrotechnik - Berlino, W 9 - Linkstrasse 23/24. — **Areos:** Arcos - Genova, Via Ippolito D'Aste, 1-1 Sc. D. — **A.S.E.:** Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens - Zurigo 8, Seefeldstrasse, 301. — **Asea:** Asea Revue: Département Publicité Asea, Västeras (Svezia). — **A.T.M.:** Archiv für tecnisches Messen - Monaco 32, Editore R. Oldenbourg.

Bell S. T. J.: The Bell System Technical Journal - New York, Broadway, 195. — **Bull. Escher Wyss:** Bulletin Escher Wyss - Zurigo. — **Bull. Oerlikon:** Bulletin Oerlikon - Ateliers de Construction Oerlikon, Oerlikon. — **Bull. S. F. R.:** Bulletin de la Société Française Radio-Electrique - Parigi, Boulevard Haussmann, 79. — **Bull. Soc. Belge Elec.:** Bulletin de la Société Belge des Electriciens - Marcinelle - 8, Rue Sabatier. — **Bull. Soc. Franç. Elec.:** Bulletin de la Société Française des Electriciens - Malakof (Seine) - Avenue Pierre Larousse, 8/14. — **Bur. St. Journ. Res.:** Bureau of Standard - Journal of Research - Washington.

Calore: Il Calore - Roma, Via Urbana 167. — **C. G. E.:** Bollettino di Informazioni C. G. E. - Milano, Via Borgognone 34. — **CIGRE:** Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à Haute Tension - Paris, 54 Av. Marceau. — **Chaleur Ind.:** Chaleur et Industrie - Parigi, Rue Michel-Ange 5. — **Chimie et Industrie:** Rue St. Dominique 28 - Paris - VII°. — **Collegamento:** Il Collegamento - Rivista di Applicazioni Elettriche - Edito a cura della Soc. Siemens. — **Combustibles:** Combustibles Energie - Parigi 16 - Avenue Pierre Ier de Serbie, 6. — **Commentationes:** Commentationes - Pontificia Academia Scientiarum - Città del Vaticano.

Dyna: Dyna - Madrid, Alcalà 47.

E. F. D.: Europäischer Fernsprechdienst - Berlino, Charlottenburg 9, Rognitzstrasse 8. — **El. Bahnen:** Elektrische Bahnen - Berlino, S W 61, Grossbeerenstrasse 17. — **Electricité:** Electricité - Parigi 16, Avenue Pierre Ier de Serbie, 6. — **Elec. Eng.:** Electrical Engineering - New York, 33 West 39th Street. — **Elec. Welding:** Electric Welding - Londra S W 1, Grosvenor Gardens 15. — **Elektr. Wirt.:** Elektrizitätswirtschaft - Berlino, W 62, Maasenstrasse, 9. — **Elektroschweissung:** Elektroschweissung - Braunschweig, Burgplatz 1. — **Elektrotechnika:** Elektrotechnika - Budapest, V. Honvéd-utca, 22. — **Elektrowärme:** Elektrowärme - Essen, Schliessfach 20. — **Eng.:** Engineering - Londra, W C 2, Bedford Street, 35-36. — **Eng. N. R.:** Engineering News Records - New York 330 West, 42 d Street. — **L'En. Elettr.:** L'Energia Elettrica - Milano, Via San Nicolao, 14. — **E. N. T.:** Elektrische Nachrichten-Technik - Berlino W 9, Linkstrasse 23/24. — **Erie. Rev.:** Ericsson Review - Telephonaktiebolaget L. M. Ericsson, Stoccolma. — **Erie. Tech.:** Ericsson Technics - Telephonaktiebolaget L. M. Ericsson, Stoccolma. — **E. T. J.:** Electrotechnical Journal - Tokio, Marunouti (Denki-Gakkwai). — **E. T. Z.:** Electrotechnische Zeitschrift - Berlino, W 9, Linkstrasse, 23/24. — **E. u. M.:** Elektrotechnik und Maschinenbau - Vienna VI, Theobaldgasse, 12. — **E. Verwertung:** Elektrizitätsverwertung - Zurigo, Bahnofplatz, 9. — **E. Wirtschaft:** Elektrizitätswirtschaf - Berlino W 62, Einemstrasse. — **E. W.:** Electrical World New York, Tenth Avenue at 36th Street. — **Exp. Wir.:** Experimental Wireless - Londra E C 4 - Dorset House, Tudor Street.

Fernseh: Fernseh. G. m. b. H. - Berlin - Zehlendorf, Goerzallee.

Gen. Elec. Rev.: General Electric Review - Schenectady (New York). — **Génie C.:** Génie Civil - Parigi, XI, Rue Jules Lefebvre, 5. — **Geomineraria:** Rivista Geomineraria - Milano, Via Lancetti 34-36. — **Guidonia:** Atti di Guidonia - Roma, Piazza del Popolo 18. — **Ind. Mec.:** L'Industria Meccanica - Milano, Piazza Diaz 2. — **Ind. Munic.:** Le Industrie Municipalizzate - Roma, Via Dossofaiti 9. — **Ing.:** L'Ingegnere - Milano, Corso Venezia, 1. — **Ist. Sanità:** Rendiconti Istituto Sanità - Roma, Viale Regina Margherita 299.

Jahrbuch A. E. G.-Forschung: Jahrbuch der A.E.G.-Forschung - Berlino W 9, Linkstrasse 23/24. — **J. G. Light:** Journal of Good Lighting - Londra, S W 1, Victoria Street, 32. — **J. I. E. E. Londra:** Journal of the Institution of Electrical Engineers - Londra W C 2, Savoy Place, Victoria Embankment. — **Journ. Telec.:** Journal des Télécomunications - Bureau de l'Union Internationale des Télécomunications - Berna.

L'Elettrot.: L'Elettrotecnica - Milano, Via San Paolo, 10. — **Licht:** Das Licht - Berlino, W 62, Lützowplatz 1. — **Licht tech.:** Die Lichttechnik - Vienna (supplemento a E. u. M.). — **Light.:** Lighting - New York, 215 Fourth Avenue.

Marelli: Marelli Rivista Mensile - Milano, Corso Venezia, 22. — **Mécanique:** Mécanique - Parigi 8, Rue de Berri 29. — **Mem. Idr.:** Memorie e studi idrografici - Roma, Ministero LL. PP., Servizio Idrografico. — **Metallurgia It.:** La Metallurgia Italiana - Milano, Via Carlo Alberto 9. — **Metalurgia:** Metalurgia y Electricidad - Madrid, Avenida de José Antonio 47. — **Min. Sarda:** Resoconti dell'Associazione Mineraria Sarda - Iglesias.

N. Cimento: Nuovo Cimento, Bologna, Edit. N. Zanichelli.

Onde Elec.: Onde Electrique - Parigi, VI, Rue de la Seine, 40. — **O. E.:** Rivista tecnica O. E. - Monfalcone, Cantieri Riuniti dell'Adriatico. — **O. S. L.:** L'Organizzazione Scientifica del Lavoro - Roma, Via Nazionale 89.

Phys. Rev.: Physical Review-American Institute of Physics - New York, 11 East 38 th. Street. — **Proc. I. R. E.:** Proceedings of the Institute of Radio Engineers - New York, 33 West 39th Street.

Radioindustria: Radioindustria - Milano, Via C. Balbo, 23. — **Rassegna P. T. T.:** Rassegna Poste, Telegrafi e Telefoni - Roma, Via del Seminario, 76. — **Revue B. B.:** Revue Brown Boveri - Baden (Svizzera). — **Revue Philips:** Revue Technique Philips - Eindhoven (Olanda). — **Revue Siemens:** Revue Siemens - Berlino - Siemensstad, Verwaltungsgebäude. — **R. G. E.:** Révue Générale de l'Electricité - Paris, VIII, Place de Laborde, 12. — **Rev. Electr.:** Revista Electrotecnica - Buenos Ayres, Paseo Colon, 184. — **Rev. Electr. Mec.:** Revue d'Electricité et de Mécanique - Parigi, Avenue Kléber, 38. — **Rev. Ind.:** Revue Industrielle - Parigi 8, Square de Messine 9. — **Rev. Scient. Instr.:** The Review of Scientific Instruments - American Institute of Physics - New York 11 East 38th Street. — **Rev. Telegrafica:** Revista Telegrafica - Buenos Ayres, Perù 165. — **Ric. Scient.:** La Ricerca Scientifica - Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche. — **Ric. Ing.:** Ricerche di Ingegneria - Roma, Via Vittorio Veneto. — **Rivista Siemens:** La Rivista Siemens - Milano, Siemens S. A. — **Riv. Tec. F. I.:** Rivista Tecnica delle Ferrovie Italiane, Roma, via delle Coppelle, 25.

Science Ind.: Science et Industrie - Parigi, Avenue Montaigne, 22. — **Schw. Bauz.:** Schweizerische Bauzeitung - Zurigo, Rathausquai, 20. — **Siemens Z.:** Siemens Zeitschrift - Berlino - Siemensstadt, Verwaltungsgebäude. — **Stahl u. Eisen:** Stahl und Eisen - Düsseldorf: Verlag Stahleisen M. B. H.

Tecnica: Técnica - Lisbona. — **Techn. Mod.:** La Technique Moderne - Parigi 6, Rue Bonaparte 92. — **Telécomunications:** Journal des Telécomunications: Berna - Bureau de l'Union International des Télécomunication. — **Telefunken Zeit.:** Telefunken Zeitung - Berlino, SW 11 - Hallesches Ufer 12. — **Televisione:** Televisione - Roma, Via L. Spallanzani 1-a. — **The Elec.:** The Electrician - Londra, CE 4 - Bouverie House, 154, Fleet Street. — **The Eng.:** The Engineer - Londra, W C 2, Essex Street, 28. — **T.I.B.B.:** Rassegna Tecnica TIBB - Milano (Tecnomasio Italiano), Piazzale Lodi 3. — **Trac. Elect.:** La Traction Electrique - Pontoise-Parigi - Rue de Maubuisson, 41. — **Tract. Nouv.:** Traction Nouvelle - Parigi 18, Rue des Poissonniers 78. — **T. F. T.:** Telegraphen-Fernsprech - Funk- und Fernseh-Technik - Berlin W 62, Wichmannstrasse 5.

V. D. I.: Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure - Berlino N W 7, Dorotheenstrasse, 40.

Wärme: Die Wärme - Berlino S W 19, Jerusalemerstrasse 46/49. — **W. W.:** Wasserkraft und Wasserwirtschaft - München, Technische Hochschule. — **Wir. World.:** Wireless World - Londra, E C 4 - Dorset House, Tudor Street. — **W. P. C.:** Rendiconti delle riunioni della Conferenza Mondiale dell'Energia.

Zeit. Hochfreq. Tech.: Zeitschrift für Hochfrequenztechnik - Lipsia, Ed. Akademische Verlagsgesellschaft M. B. H. — **Zeit. techn. Physik:** Zeitschrift für technische Physik - Berlin - Reinickendorf-Ost Höllenderstrasse, 31-34.

D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

W. Gebauer — **Il carico sulle reti di distribuzione a corrente alternata costituito da comandi a corrente continua alimentati attraverso raddrizzatori.** (E. T. Z., 30 dicembre 1943, pag. 669 a 674, con 11 fig.). 10 c

Nei riguardi dell'influenza che i raddrizzatori a vapore di mercurio esercitano sulla rete a corrente alternata su cui sono inseriti, si possono distinguere tre casi: Il primo si verifica quando i raddrizzatori alimentano un gran numero di motori; la tensione sul lato c.c. si può allora ritenere praticamente costante o quasi; i raddrizzatori funzionano con una caratteristica di tensione simile a quella di una dinamo senza regolazione, oppure la tensione è mantenuta costante, indipendentemente dal carico, mediante regolazione di griglia. Il campo di regolazione è di circa 20 % della tensione nominale dovendosi regolare non soltanto la caduta di tensione del raddrizzatore ma anche le oscillazioni della rete di alimentazione. Se vi sono utenze costituite da grossi motori di laminatoi o da linee di trazione si verificano scarti anche del 50 % rispetto al carico medio. Il secondo caso è costituito da utenze nelle quali, per opera della macchina operatrice, viene mantenuto costante il rapporto fra tensione e corrente: ciò si verifica nel comando di grandi ventilatori rotativi. Il terzo caso è caratterizzato da un rapporto arbitrario fra tensione e corrente e comprende tutti i tipi di comandi a corrente continua non ancora ricordati e specialmente i motori per argani da miniere e per laminatoi a regolazione di giri. Come è noto, la corrente a monte del raddrizzatore non è sinusoidale ma contiene sempre delle armoniche. Queste producono un sovraccarico sui generatori della corrente alternata e possono generare disturbi alle radiotrasmissioni. Le equazioni fondamentali riguardanti le armoniche sono le seguenti: $n = zp \pm 1$; $I_n = (1/n)\, I_1$; dove n è l'ordine dell'armonica considerata, p il numero di fasi, z rappresenta la serie dei numeri interi I_1 e I_n sono i valori efficaci della corrente a frequenza fondamentale e a frequenza dell'armonica n. Dalla prima equazione si possono prevedere le armoniche che saranno presenti e si riconosce che, aumentando il numero p delle fasi, si possono eliminare le armoniche inferiori; così, con un impianto di raddrizzatori dodecafase non si hanno più le armoniche 5 e 7 che sono invece presenti se l'impianto è esafase. La seconda equazione ci dice che l'ampiezza delle armoniche di corrente decresce, col crescere dell'ordine, secondo una legge iperbolica; le armoniche 23 e 25 sono assai rare anche in impianti di grande potenza. Si riconosce inoltre che la sovrapposizione parziale del periodo di accensione dei singoli anodi ha per conseguenza una diminuzione della ampiezza delle armoniche. L'A. prende a considerare in particolare l'esempio di un impianto di 4 motori da laminatoio, alimentati da una stessa linea, ricercando come si possa, con mezzi tecnicamente e economicamente convenienti, risolvere il problema delle armoniche di corrente. Per ciascuno dei 4 trasformatori di alimentazione si può in generale prendere in considerazione soltanto un collegamento esafasico. Se i 4 raddrizzatori alimentassero con distribuzione uniforme del carico una sbarra comune a corrente continua si potrebbe realizzare uno schema a dodici o a 24 fasi con opportuni collegamenti dei trasformatori e si potrebbe ad esempio eliminare la 5ª e 7ª armonica. Ma poichè il carico dei vari raddrizzatori non è eguale, per tale via si può ottenere soltanto una parziale compensazione delle armoniche e bisogna cercare altra via per eliminare i residui di esse, e l'A. dimostra come si possa ottenere una rappresentazione dei valori che assumono le varie armoniche col variare del carico dei raddrizzatori, fino al 200 % del carico normale; con un opportuno sfasamento dei trasformatori si possono fortemente ridurre anche le armoniche 11 e 13. Un altro sistema di impedire l'entrata delle armoniche superiori nella rete di alimentazione a corrente alternata è basato sull'impiego di un circuito risonante proporzionato per la frequenza dell'armonica da abolire o alla frequenza media di un paio di armoniche in modo da costituire per dette armoniche un cortocircuito nel quale fluiscono le armoniche anzichè penetrare nella rete. L'A. fornisce direttive per la calcolazione di proporzionamento di tali circuiti di risonanza. Altre considerazioni sono esposte circa gli effetti della corrente reattiva che può manifestarsi specialmente quando si eserciti un'ampia regolazione a mezzo della griglia. Secondo l'A. l'impiego di motori a corrente continua alimentati attraverso raddrizzatori a mercurio, invece che di gruppi Ilgner, per il comando di laminatoi permette notevoli risparmi di spese di impianto e di materie prime e una riduzione di circa 20 % nel consumo di energia. *N.*

ELETTROCHIMICA ED ELETTROMETALLURGIA.

O. Scarpa — **I limiti inferiori della tensione utile delle pile per lampadine portatili.** (L'En. Elettr., luglio-agosto 1944, pag. 170 a 171, con 2 fig.). 13 c

L'A. facendo osservare come da alcuni si assegni quale limite inferiore della tensione utilizzabile per l'alimentazione delle ordinarie lampadine portatili il valore 0,7 V mentre altri arrivano a 0,6 V, riporta alcuni diagrammi di scarica di pile al biossido di manganese per lampadine tascabili. Da tali diagrammi si deduce che la tensione che mediante tali pile viene applicata agli attacchi delle lampadine diminuisce in un primo tempo con grandissima rapidità e poi più lentamente, raggiungendo in un tempo più o meno lungo il valore stabilito come limite pratico: mette in evidenza come i diagrammi relativi a vari tipi di pile possano intersecarsi, di modo che, ad esempio, due pile possono avere eguale capacità oraria nel caso in cui il limite inferiore della tensione sia stabilito a 0,7 V, mentre una di esse può avere capacità oraria inferiore all'altra se il limite è stabilito a 0,75 V e capacità notevolmente maggiore se invece il limite viene abbassato a 0,6 V. L'A. ha sperimentato in camera buia alimentando una lampadina, del tipo per lampade tascabili ordinarie, con una tensione di 1,8 V (corrispondenti a una batteria di 3 pile a 0,6 V) notando la minima distanza alla quale erano ancora visibili diversi oggetti scuri su fondo bianco e bianchi su fondo scuro; per un occhio di acutezza visiva media risultò circa 2 m. Altre esperienze dimostrarono che la illuminazione a 2 m di distanza dalla sorgente luminosa è di 0,01 lux alimentando la lampadina a 1,8 V, e di 0,025 lux alimentandola a 2,1 V. Assumendo come buon valore medio della tensione fornita durante la scarica della pila quello di 0,8 V, si può dedurre per interpolazione il valore della illuminazione corrispondente a 2,4 V (batteria di 3 pile) che risulta, a due metri di distanza, di 0,045 lux, valore certamente buono per gli scopi considerati. Un diagramma rappresenta come diminuisce la illuminazione fornita da pile di tipo normale al crescere della durata della scarica; risulta che, a 2 m di distanza, si raggiungono 0,045 lux dopo appena due ore di scarica, 0,025 lux (corrispondenti a 0,7 V per elemento) dopo 3 ore di scarica e 0,01 lux (corrispondenti a 0,6 V per elemento) dopo 5 ore di scarica. Ne segue che adottando il limite di 0,6 V invece di 0,7 V si viene a portare un prolungamento sulla vita della pila di 2 ore sulle 5 totali. Ritiene quindi l'A. che si possa accettare 0,6 V per elemento come limite inferiore della tensione per stabilire la capacità oraria delle pile per lampadine portatili per i casi comuni.

Ri.

O. Scarpa — **Pile con forze elettromotrici apparentemente maggiori delle teoriche.** (L'En. Elettr., settembre-ottobre 1944, pag. 216 a 221, con 5 fig.). 13

Il calcolo teorico dei valori delle forze elettromotrici possedute dalle pile nelle condizioni di circuito aperto può venire effettuato in due modi. Il metodo indicato da W. Nerst è fondato sulla considerazione di equilibri statistici fra gli ioni contenuti nei metalli e quelli omonimi contenuti negli elettroliti con essi a contatto; il metodo si basa su alcune ipotesi che non possono venire accolte senza grandi riserve. Il metodo di Gibbs e Helmholtz si basa invece sulla diretta applicazione dei due principi di termodinamica e quindi su basi inoppugnabili. L'A. riporta il metodo e la formula finale a cui esso conduce per il calcolo della forza elettromotrice e rileva come considerazioni teoriche porterebbero a concludere che i valori di forze elettromotrici possedute da pile non dovrebbero mai essere superiori a quelli risultanti dalla applicazione della formula stessa. Ma sperimentalmente si è rilevato che i valori a cui conduce la formula di Gibss-Helmholtz in base alle reazioni chimiche generalmente ammesse sono, per alcuni tipi di pile, minori di quelli misurati. Il caso più interessante, dal punto di vista

Biblioteca nazionale centrale di Roma

delle applicazioni industriali, è quello delle pile al biossido di manganese (Leclanchè e derivate). Per esse la formula darebbe un valore di forza elettromotrice di 1,52 V (a 18 °C), assai prossimo a quello medio sperimentale (1,53 V). Ma quando vengano impiegati alcuni biossidi naturali fortemente idratati oppure biossidi artificiali detti « attivi » si ottengono valori sperimentali molto maggiori, fino a 1,9 V. L'A. espone considerazioni dalle quali risulta che la maggior forza elettromotrice non può venire attribuita allo stato di idratazione del biossido, nè alla presenza dei noti composti più ossigenati del biossido, mentre più probabile si presenta l'ipotesi della presenza di tali composti o di ossigeno allo stato di adsorbimento. L'A. accenna anche a ricerche eseguite per chiarire il pessimo comportamento di una qualità di biossido che si prepara per l'industria metallurgica e che non si dimostrava adatto per le pile. Lo spettro a raggi X dimostrò che esso aveva struttura amorfa o a grani cristallini estremamente fini, mentre, dopo un trattamento che lo rese idoneo allo scopo, lo spettro di diffrazione mostrò nettamente le righe delle buone pirolusiti; un secondo trattamento atto a facilitare la formazione di composti di adsorbimento provocò un sensibile aumento della forza elettromotrice delle pile con esso fabbricate. Un altro esempio di pile che danno forze elettromotrici le quali, se misurate in condizioni di circuito aperto o ad esse comparabili, sono sensibilmente superiori a quelle corrispondenti alla applicazione della formula di Gibbs-Helmholtz, è dato anche dalle pile di Volta. Esse, costruite con un elettrodo di rame, uno di zinco, ed elettrolita di soluzione diluita di acido solforico, possiedono una forza elettromotrice di 0,9 V. La ricerca delle cause ha portato a indicare come più probabili le seguenti: presenza di ossidulo nello strato superficiale del rame (con conseguente riduzione da parte dell'idrogeno nascente e sviluppo locale di energia); presenza di ossigeno nell'elettrolita (dai gas dell'atmosfera); presenza di ossigeno adsorbito nello strato superficiale del rame; calore di formazione dei composti di adsorbimento dell'idrogeno. In conclusione le apparenti deviazioni dalla formula di Gibbs-Helmholtz dipendono soltanto dal fatto che non si tengono in completa considerazione gli speciali fenomeni che accompagnano talvolta il funzionamento delle pile elettrochimiche. *Ri.*

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA.

O. Mayr — **Sulla teoria dell'arco elettrico e la sua interruzione.** (E.T.Z., 16 dicembre 1943, pag. 645 a 653, con 16 fig.). **14 b**

L'arco statico, stabilizzato sull'asse di un recipiente cilindrico, rappresenta la forma più semplice e meglio definita di arco nei riguardi sia delle ricerche sperimentali sia della teoria; specialmente per archi di piccola o media intensità la colonna dell'arco si presenta allo stato di regime per l'equilibrio fra il calore in essa svolto e quello disperso in senso radiale. Una trattazione analitica esatta è assai laboriosa; si possono però stabilire in via approssimata alcune equazioni che esprimono le relazioni che legano la conduttività elettrica k e la intensità di corrente i col raggio r della colonna dell'arco; si può infatti assumere: $k = k_0\, e^{-(r/r_0)^2}$ e: $i = i_0\, e^{-(r/r_0)^2}$ dove k_0, i_0, r_0 sono delle costanti dipendente specialmente dalla natura del gas dell'arco e dal raggio interno r_1 del recipiente. Nel caso dell'arco dinamico si può stabilire la seguente equazione differenziale: $I\,U = N_0 + (dQ/dt)$, dove $I\,U$ è il valore istantaneo del carico termico sul circuito dell'arco (prodotto della corrente per la tensione), N_0 è la quantità di calore ceduta alle pareti del recipiente per conduzione e dQ/dt esprime la variazione del calore Q accumulato nella camera dell'arco; in prima approssimazione N_0 (nel campo di valori della corrente che interessa il problema della interruzione dell'arco) può essere assunto come costante. Poichè poi si può porre $R = R_0\, e^{-(Q/Q_0)}$ (dove $R = U/I$ è la resistenza elettrica dell'arco e R_0 e Q_0 sono costanti), si può dedurre: $I\,U = N_0 - (Q_0/R)\,(dR/dt)$. Questa equazione contiene 2 incognite, I ed U e perciò, per la risoluzione occorre un'altra equazione che praticamente si ricava dalle caratteristiche della sorgente di energia. Dalle soluzioni dei vari casi emerge che il rapporto $\vartheta = Q_0/N_0$ ha una grande importanza per l'arco dinamico. La grandezza ϑ è detta costante di tempo termica. L'A. considera in particolare il caso in cui un arco sia munito di una resistenza stabilizzatrice in serie e di una capacità C in parallelo la quale, regolando la tensione, agisce in senso contrario alla stabilizzazione dell'arco; per risolvere questo problema vengono meno tutte le trattazioni della stabilità le quali non tengono conto anche della inerzia termica dell'arco. Si dimostra che l'arco è stabile soltanto quando $R_0\, C < \vartheta$ (essendo $R_0 = U_0/I_0$ il quoziente della tensione e della corrente nella caratteristica statica dell'arco). Appena $U_0^2 C > Q_0$ l'arco diventa labile e si presentano fenomeni bruschi che possono assumere vari aspetti, secondo che si tratta di interrompere una corrente continua o una corrente alternata. L'A. presenta e illustra alcuni diagrammi tipici ricavati teoricamente. Nel caso di corrente continua, labilità e interruzione dell'arco non coincidono necessariamente e fra l'una e l'altra possono intervenire fenomeni oscillatori. La equazione che governa il fenomeno non può essere risolta analiticamente ma si può invece interpretare facilmente per via grafica. Passando al caso di corrente alternata, l'A. suppone di sostituire alla resistenza stabilizzatrice una autoinduzione; in causa della capacità in parallelo la corrente presenta in vicinanza del passaggio per lo zero una caduta brusca che facilita la interruzione dell'arco. L'A. spinge avanti l'analisi esaminando parecchie condizioni particolari. Passa poi ad occuparsi della questione della rigidità dielettrica del percorso dell'arco, dopo la interruzione della corrente; arriva a dare una rappresentazione dell'andamento della temperatura sul percorso dell'arco, in tempi successivi dell'interruzione de'la corrente e a diverse distanze dall'asse del percorso stesso. Il raffreddamento comincia sull'asse dell'arco e si propaga verso l'esterno secondo una funzione esponenziale. Il raffreddamento è tanto più rapido quanto più stretta è la camera in cui l'arco si svolge: la costante di tempo del raffreddamento è, almeno nell'ultimo periodo di tempo, proporzionale alla sezione della camera. Dalle curve di temperatura si possono dedurre quelle della densità del gas ambiente sul percorso dell'arco; e poichè, per archi lunghi, la rigidità dielettrica che si ripristina dopo l'interruzione è, in prima approssimazione, proporzionale alla densità del gas, tali curve danno anche l'idea dell'andamento nel tempo di tale rigidità. Finora l'A. ha considerato l'arco sottratto a influenze esterne; passa poi a considerare l'arco sottomesso a un raffreddamento artificiale e particolarmente a un getto d'aria come avviene nel caso degli interruttori pneumatici. Traccia anche in questo caso le isoterme lungo il percorso dell'arco svolgendo in merito ampie considerazioni, mettendo in evidenza come negli interruttori pneumatici la interruzione dell'arco avvenga prevalentemente per ragioni termiche o per ragioni meccaniche secondo la tensione di esercizio e la costruzione della camera di spegnimento. Dallo studio esposto deduce poi conclusioni relative al comportamento delle varie disposizioni possibili per lo spegnimento pneumatico dell'arco arrivando a considerazioni utili per la pratica applicazione alla costruzione degli interruttori pneumatici. *N.*

IDRAULICA.

F. Arredi — **Contributo al calcolo delle dighe ad arco-gravità.** (L'En. Elettr., settembre-ottobre 1944, pagina 185 a 201, con 9 fig.). **18 c**

La grande complessità del problema, largamente studiato negli anni recenti, deriva sia dalla difficoltà di conoscere con precisione le proprietà fisico-chimiche dei materiali e di tradurle in espressioni matematiche convenientemente semplici, sia dalle difficoltà di carattere analitico per la risoluzione delle equazioni che sintetizzano il problema. Le soluzioni proposte sono tutte legate a particolari ipotesi semplificative e quindi suscettibili di critica quando si guardi il problema con rigore e generalità. In una diga arcuata monolitica si ha sempre una resistenza longitudinale (arco) ed una resistenza trasversale (mensola) il rapporto delle quali va variando col variare dei rapporti fra dimensioni longitudinale e trasversale e quindi colla rigidità trasversale rispetto alla longitudinale. Riassunti gli studi precedentemente pubblicati sull'argomento, l'A. espone un nuovo metodo di calcolo più preciso ed aderente alla realtà. Espone anzitutto le ipotesi poste a base del calcolo riguardo al peso proprio, alle azioni ter-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

miche e analoghe, alle sottopressioni, alla spinta idrica, alla forma della struttura, alle caratteristiche della sollecitazione e a quelle dei materiali, alle deformazioni e spostamenti e alle condizioni di vincolo. Nel solido di rotazione chiuso correlativo alla diga le componenti di sollecitazione sono costituite nelle sezioni orizzontali solo dalla forza tangenziale T e dal momento flettente M e nelle sezioni verticali solo dalla forza normale Q; nella diga il vincolo di imposta introduce nelle sezioni verticali la forza tangenziale S, il momento flettente N e il momento torcente L e nelle sezioni orizzontali il momento torcente L. Queste componenti di sollecitazioni sono fra loro legate da quattro equazioni indefinite di equilibrio. Dando alle denominazioni «resistenza longitudinale» (arco) e «trasversale» (mensola) il significato di reazione elastica dei relativi elementi indipendenti a forze giacenti nei relativi piani, dalle dette equazioni si ricava che la pressione idrica π_i determina l'intervento della resistenza longitudinale in misura corrispondente a una parte π_a della π_i rappresentata da $(Q/r) - (N^{\infty}/r^2)$, della resistenza trasversale in misura di una parte π_m di π_0 rappresentata da M'' e di una resistenza torsionale o diagonale in misura corrispondente a una parte π'_d di π_i rappresentata da $(2L^{0\prime}/r)$; in queste relazioni il punto in alto indica la derivata rispetto alla coordinata lineare verticale, e l'apice la derivata rispetto alla coordinata angolare nel piano orizzontale. La presenza della resistenza diagonale indica che il legame fra le strutture elementari longitudinali e trasversali determina azioni di contrasto fra le strutture stesse equivalenti nel complesso ad una parte della spinta idrica ma non riducibili relativamente alle strutture predette a forze giacenti nei relativi piani. Introdotte le relazioni fra componenti di sollecitazioni e componenti di spostamento si giunge ad una relazione che rappresenta il rapporto fra gli spostamenti radiali della diga e gli spostamenti di anelli indipendenti di eguali dimensioni soggetti a pressione costante $\pi_a + \pi_{ti}$ essendo π_{ti} la pressione fittizia riferita alla superficie mediana della struttura corrispondente all'effetto termico medio nello spessore; detto rapporto può anche essere interpretato come rapporto fra lo spessore dell'arco e quello di un anello che, soggetto a carico costante pari a quello che si ha in un punto dell'arco, dà spostamento eguale a quello dell'arco nel punto stesso. Procedendo per questa via si arriva ad alcune equazioni integrabili che forniscono gli elementi necessari per la pratica risoluzione del problema, cioè per la determinazione degli spostamenti che soddisfano alla equazione fondamentale. In sostanza il metodo proposto si basa sulla equazione di elasticità del solido di rotazione (chiuso), in cui innesta le correzioni relative agli effetti della fissità delle imposte; ignorate dapprima le torsioni, all'effetto di tale fissità viene dato equivalenza in un ipotetico diverso spessore degli anelli sostituiti agli archi; le relative valutazioni suppongono dapprima il rapporto di riduzione degli spessori costante su ogni verticale e pari alla media di quello che dovrebbe aversi se il carico su gli archi fosse uniforme e se le relative imposte fossero fisse. In un secondo tempo, partendo dai valori dei carichi sugli archi e degli spostamenti radiali di prima approssimazione, risultanti dal calcolo precedente, si eliminano gli errori conseguenti al supposto precedente e vengono poste in conto anche le torsioni. Il calcolo può però essere arrestato alla prima parte pur ottenendosi una approssimazione molto soddisfacente. *Ri.*

A. Marchetti — **Perdite di carico per regime uniforme nelle condotte Dalmine di cemento-amianto con anima di acciaio rivestite internamente di bitume centrifugato.** (L'En. Elettr., luglio-agosto 1944, pag. 149 a 156, con 5 fig.). **18 d**

L'A. riferisce circa prove eseguite al Politecnico di Milano su 4 condotti aventi rispettivamente il diametro di 100 - 150 - 200 - 350 mm. Ogni tubazione era composta di elementi lunghi 6 m con giunti tipo Gibault. Le tubazioni erano assolutamente nuove e i risultati raggiunti devono essere intesi valevoli solo per tubazioni in tali condizioni. Però l'A. osserva che il rivestimento interno di bitume non dovrebbe dare luogo a formazioni di incrostazioni e a fenomeni di tubercolinizzazione, almeno finchè si presenta integro con superficie levigata e quasi speculare come nelle condotte provate. Ogni elemento di tubazione era stato munito di bocche di presa per la misura della pressione interna del liquido in moto, in due sezioni prossime alle testate. Ogni tubazione provata era costituita da 7 od 8 elementi allineati. Il diametro effettivo fu determinato volumetricamente, elemento per elemento, mediante riempimento con recipienti tarati. I diametri medi effettivi delle tubazioni sono poi stati calcolati con la formula $D_{eff.}^{-5} = (1/n) \sum_{1}^{n} D^{-5}$ essendo D i diametri degli elementi che le componevano. Le portate quando superavano i 40 litri/sec venivano misurate mediante diaframma tarato sulla condotta di alimentazione; per portate minori il diaframma veniva posto su una condotta di 150 mm posta in derivazione su quella. Le velocità massime raggiunte nelle condotte furono da 5,17 m/sec per la tubazione da 150 mm, a 3,78 m/sec per quella di 350 mm. Le perdite di carico venivano misurate mediante manometri differenziali. Vennero esattamente controllati i diametri delle sezioni di presa delle pressioni. I valori ottenuti sperimentalmente sono riportati in diagrammi e in tabelle numeriche; da essi vennero ricavati i seguenti valori: velocità media della corrente, perdita di carico, cadente, numero di Reynolds della corrente, il coefficiente χ della formula di Chezy ($V = \chi\sqrt{RJ}$). I risultati di tutte le prove eseguite possono essere riassunti dalla seguente espressione: $J = 0{,}001\ D^{-4{,}8}\ q^{1{,}81}$ la quale ci dà la espressione della cadente J, esprimendo D in metri e q in m³/sec. La precedente formula può anche scriversi: $q = 45{,}4\ D^{2{,}65}\ J^{0{,}552}$ oppure $V = 57{,}8\ D^{0{,}65}\ J^{0{,}552}$, (dove V indica la velocità in m/sec). Tali formule possono ritenersi sufficientemente approssimate anche per tubazioni di diametro alquanto superiore a quelli provati (non però oltre 500 mm, secondo l'A). Confrontando con i risultati analoghi ottenuti da altri sperimentatori su tubazioni in acciaio senza saldatura con catramatura interna normale e giunti a cordone e bicchiere, l'A. conclude che con il rivestimento a catrame centrifugato e con l'adozione dei giunti Gibault si è ottenuto un vantaggio di circa il 10 % nelle portate. Notevolmente maggiore risulta però in pratica il vantaggio delle nuove condotte per il fatto che esse si conservano assai più a lungo nello stato di «nuove». Una rappresentazione dei risultati è presentata riportando i coefficienti della formula di Chezy in funzione dei numeri di Reynolds della corrente; le curve corrispondenti alle 4 condotte risultano assai vicine fra loro, dimostrando che esse hanno un comportamento praticamente eguale. *Ri.*

S. Spagnoletti — **Gli sforzi di taglio nelle dighe a speroni.** (L'En. Elettr., novembre-dicembre 1944, pag. 258 a 263, con 7 fig.). **18 d**

I procedimenti di calcolo per le sollecitazioni unitarie nelle dighe a gravità massicce poggiano notoriamente sulle seguenti ipotesi: stato piano delle tensioni, conservazione delle sezioni piane, proporzionalità fra sforzi e deformazioni. Mantenendo le stesse ipotesi anche per le dighe a speroni è possibile dedurre, dall'espressione degli sforzi normali verticali, gli sforzi di taglio, e da questi gli sforzi normali orizzontali. Si giunge così in possesso di tutti gli elementi necessari per la verifica delle sollecitazioni principali, oltrechè sui paramenti, anche in un punto qualunque della diga. Un elemento di diga a speroni rappresenta un solido a sezione variabile sollecitato principalmente dal peso proprio, dalla spinta dell'acqua e dalla sottopressione; tutte queste forze si riducono a una pressione risultante eccentrica, a sua volta risolvibile in una componente verticale e in una componente orizzontale. L'A. richiama anzitutto alcune formule relative alla pressione eccentrica, precisando il significato e l'espressione della pressione verticale N, del momento M di tutte le forze agenti rispetto al paramento a monte; della distanza n dell'asse di riferimento dall'asse neutro, della distanza r del centro di pressione dall'asse di riferimento, del momento di inerzia I della sezione e della area F di essa e del suo momento statico S; tutte grandezze che variano con la profondità h. Considerando un elemento di diga a paramenti rettilinei, stabilisce le espressioni differenziali delle variazioni di tali grandezze in funzione di h e le relazioni fra F, S, I e le loro derivate. Prendendo poi a considerare un elemento li-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mitato da due sezioni orizzontali ed esteso dal paramento a valle fino a una sezione distante z dall'asse neutro, stabilisce la relazione di equilibrio fra gli sforzi normali N e $N + dN$, il peso dell'elemento, le sottopressioni U e $U + dU$ e lo sforzo di taglio. Introducendo in essa la espressione dello sforzo normale e del momento statico rispetto all'asse neutro e ammettendo che lo sforzo di taglio si distribuisca uniformemente lungo la larghezza, arriva ad una espressione della sollecitazione unitaria di taglio in funzione degli elementi geometrici della sezione e del valore delle forze agenti, comprese le sottopressioni. La formula viene poi estesa al caso di speroni a profilo rastremato. L'impiego pratico del metodo descritto è poi chiarito con lo svolgimento di un caso particolare numerico. *Ri.*

U. Puppini — **Sulla forma dell'equazione del regime permanente nelle correnti liquide.** (L'En. Elettr., luglio-agosto 1944, pag. 145 a 148). **18 a**

L'A. si riferisce a precedente articolo (vedi *L'Energia Elettrica*, ottobre 1938) in cui ha messo in evidenza come la formula generalmente usata per il moto vario debba intendersi soltanto come formula di buona approssimazione, mentre la formula esatta è stata da lui proposta. Per il moto permanente è universamente ritenuta la formula $I = \Phi + (a/2g)\ (dU^2/ds)$ nella quale I è il valor medio della perdita di carico piezometrico per unità di lunghezza di corrente (nel campo portata Q), Φ è la funzione di resistenza, U è la velocità media nel piano della sezione, (dU^2/ds) è la derivata effettuata nel senso del moto, a è il rapporto delle energie cinetiche. L'A. si pone il quesito se nel campo tecnico la formula ora riportata sia la sola espressione ammissibile dell'equazione del regime permanente. Da alcuni è stata anche proposta la forma: $I' = \Phi' + (a'/2g)\ (dU^2/ds)$ dove I' è un valor medio della perdita di carico piezometrico per unità di lunghezza diverso da quello usato nella formula precedente, Φ' è pure una funzione di resistenza diversa, e a' è un rapporto di quantità di moto. L'A. mette in evidenza come la coesistenza delle due formule non sembri possibile in quanto specialmente ha riguardo al termine a ed a' che hanno nelle due formule un significato diverso. Partendo dall'equazione del regime permanente relativo a un tubo di flusso di sezione infinitesima di una corrente liquida l'A. mette in evidenza come si possano ottenere due formule del regime permanente di tutta la corrente; una di essa si ricava facendo la media dei termini dell'equazione per un tubo di efflusso nel campo « portata » e l'altra facendo la media dei termini suddetti nel campo « sezione ». La prima formula coincide con la prima sopra esposta; la seconda non può essere l'altra di cui sopra, perchè l'A. dimostra che essa è incompleta e deve essere completata nel modo seguente: $I' = \Phi' + (a'/2g)\ [(1 + \beta)/2]\ (dU^2/ds)$. Tanto questa come la prima di quelle date sono egualmente legittime per rappresentare il moto permanente ma la prima formula esposta si presenta per la sua espressione più semplice sia perchè non contiene il coefficiente β sia perchè coi suoi 3 termini prospetta nei suoi elementi il bilancio energetico del moto permanente considerato; infatti in un termine dà, a meno del fattore peso della portata, la diminuzione di energia potenziale nell'unità di tempo e per unità di lunghezza di corrente; in altro termine, l'aumento di energia cinetica dovuto alle velocità medie locali; nel residuo termine, la somma della energia meccanica dissipata per resistenze coll'aumento lungo la corrente di energia cinetica dovuta allo stato di turbolenza. L'A. espone ancora alcuni rilievi circa la espressione da assumere per la funzione Φ distinguendo il caso in cui il moto oltrechè permanente sia anche uniforme (nel senso completo di non mutazione lungo il percorso non solo dell'energia cinetica dovuta alle velocità di trasporto ma anche di quella dovuta allo stato di turbolenza) dal caso in cui il moto permanente non sia uniforme. *Ri.*

IMPIANTI.

C. Cardini — **Aspetti e possibilità degli automatismi nelle centrali e nelle cabine presidiate.** (C.G.E., giugno 1944, pag. 1 a 7, con 9 fig.). **20 h**

Le centrali idroelettriche furono le prime sulle quali si adottarono i dispositivi di automatizzazione delle manovre di avviamento e di arresto. Le operazioni di avviamento si svolgono nel seguente ordine: apertura della valvola di intercettazione e poi della turbina, fino alla posizione di marcia a vuoto; eccitazione dell'alternatore e regolazione della tensione sul valor medio; regolazione dei giri e della frequenza intorno a un valore eguale a quello della rete; misura dello scorrimento e chiusura dell'interruttore di parallelo al momento opportuno; presa di carico. L'automatizzazione può essere parziale o completa in modo da lasciare al personale soltanto il compito di iniziare la manovra. Una manovra che conviene rendere automatica per guadagno di tempo è quella della messa in parallelo che può essere accompagnata da quella di uguaglizzare la tensione dell'alternatore con quella della rete. A tale scopo si agisce sul reostato di taratura del regolatore automatico disposto in serie con l'elemento voltmetrico in modo che la tensione di macchina sia regolata su un valore compreso fra due valori estremi; lo scopo è raggiunto mediante un relè a bilancere comprendente due bobine separate agenti su una stessa armatura a bilancia. L'A. descrive una disposizione semplice per la regolazione della frequenza di macchina, applicabile a qualunque tipo di regolatore di turbina e adottabile in qualsiasi impianto provvisto oppure no di altri automatismi. Per la chiusura dell'interruttore di parallelo si usano apparecchi sensibili allo spostamento angolare fra i vettori delle tensioni di macchina e della rete e alla differenza di frequenza di queste tensioni; in certi selettori il comando di chiusura viene dato in corrispondenza di un angolo fisso tra i due vettori mentre in altri il comando è dato ad un angolo variabile in proporzione diretta della differenza di frequenza. Parecchie disposizioni di automatismi sono state studiate per la presa di carico da parte delle macchine di una centrale idraulica in corrispondenza alle varie esigenze dei rapporti fra condizioni di carico e del sistema idrico; il loro impiego è conveniente anche in centrali presidiate permettendo di ottenere risultati difficilmente conseguibili col comando manuale. Le protezioni che conviene adottare si possono dividere in due gruppi a seconda che provocano lo scatto degli interruttori (massima corrente, contatto a massa nello statore, guasto interno, massima tensione) oppure provocano soltanto una segnalazione (sovratemperature, contatto a massa nell'induttore, mancanza di pressione d'olio nel regolatore o di circolazione d'acqua di refrigerazione, ecc.). Uno degli esempi classici dell'utilità dell'automatismo si ha nell'avviamento di condensatori sincroni; se il condensatore è avviato a tensione ridotta conviene rendere automatica completamente la manovra lasciando al personale solo il compito di avviarla; se vi è un motore di lancio le manovre sono più semplici e possono essere automatizzate in tutto o in parte, conviene però sempre rendere automatico l'avviamento del motore di lancio. Per quanto riguarda gli impianti di distribuzione le manovre dei trasformatori non esigono in generale automatismi salvo quelli relativi alle variazioni di rapporto sotto carico. Nelle cabine importanti alimentate con almeno due linee è conveniente una apparecchiatura automatica per verifica di sincronismo che assicura, bloccando gli interruttori, che le linee siano già collegate fra loro all'origine o in altro punto prima che venga effettuato il parallelo. Nel caso che la linea di collegamento fra le due centrali non esista e che il parallelo vada effettuato alle sbarre della cabina conviene adottare un selettore di parallelo ad angolo di anticipo variabile come per gli alternatori. *Ri.*

Ch. Jaeger — **Un notevole impianto con centrale addossata alla diga.** (W. u. W., 30 ottobre 1943, pag. 259 a 261, con 2 fig.). **20 i**

L'impianto comprende una diga in calcestruzzo, alta 104 m, a pianta arcuata con lunghezza di 100 m al basamento e 104 m al coronamento; la pendenza del paramento a monte è del 5 % e quella del paramento a valle è di 78 %. La diga, con la centrale addossata al paramento a valle, comprende un volume di muratura di 440 000 m³ di cui 126 000 m³ spettano alla centrale. La diga crea un invaso di 53 milioni di m³; con una variazione di livello di 5 m si rende disponibile una massa d'acqua di 12 milioni di m³. Per lo scarico delle piene serve: in sponda destra uno sfioratore che comunica con un canale in cemento largo 18 m

Biblioteca nazionale centrale di Roma

e lungo 550 m che scarica nel fiume con un salto di 50 m; in sponda destra, uno scarico profondo, un altro scarico di fondo per lo svuotamento del lago e un terzo scarico a 42 m sotto il livello dell'acqua. La massima piena osservata negli ultimi 3 secoli è stata di 2 000 m³/sec. Complessivamente i mezzi di scarico predisposti permettono di smaltire una portata massima di 4 000 m³/sec. Il fiume ha una portata solida di circa 150 000 tonnellate all'anno; il volume delle particelle sospese è quindi ingente. Si è ritenuto che le particelle più grosse si depositino all'inizio del bacino creato dalla diga, lungo 23 km, dove eventualmente potranno essere dragate; le particelle più fini invece potranno essere eliminate con scarichi periodici del lago. Durante la costruzione della diga la maggior parte del materiale grossolano, per il calcestruzzo, fu ricavato da una cava di ghiaia distante 5 km. Il calcestruzzo viene trasportato in posto con mezzi meccanici, non per gravità, e vibrato sul posto. Nella diga sono praticati giunti di dilatazione distanti 24 m fra loro. La centrale è addossata alla diga ed è coperta con un tetto di calcestruzzo dello spessore di 3 m sul quale passano le acque tracimanti dalla diga. La sala macchine è predisposta per 6 gruppi; in un primo tempo ne sono installati 4, ciascuno da 65 000 kW con turbine Francis ad asse verticale, a 150 giri al minuto (giri caratteristici 240). I due gruppi futuri saranno da 80 000 kW; anche i gruppi attuali saranno a suo tempo sostituiti con altri da 80 000 kW cosicchè le fondazioni sono state costruite a distanze eguali per tutte le 6 macchine. La parte ruotante dei gruppi da 65 000 kW pesa 550 tonnellate; la spinta idraulica assiale è di 250 tonnellate. Gli alternatori hanno rotori di 7 m di diametro. Inoltre vi sono installati due gruppi per i servizi della centrale, da 2 000 kW ciascuno. A installazioni ultimate la centrale potrà produrre 1,5 miliardi di kWh all'anno. *Ri.*

W. Straubel — **Su una possibilità di diminuire la superficie dei pozzi piezometrici negli impianti di turbine a regolazione automatica.** (W.u.W., 24 novembre 1943, pag. 265 a 266, con 6 fig.). **20 b**

L'A. si riferisce a precedenti studi di D. Thoma il quale esaminò il caso di piccole oscillazioni del livello d'acqua in un pozzo piezometrico supponendo che rimanga costante, cioè indipendente dal tempo, la potenza sviluppata dalla turbina; tali studi hanno messo in evidenza che esiste un certo valore della superficie, definito dalle costanti dell'impianto, caratterizzato dal fatto che le oscillazioni nè aumentano nè diminuiscono; se si riduce la superficie più piccola di tale valore critico, le oscillazioni, inizialmente piccole, dello specchio d'acqua vanno continuamente aumentando di ampiezza, mentre se si rende la superficie più grande del valore critico suddetto le oscillazioni assumono un andamento smorzato. È stato inoltre dimostrato che anche con superfici inferiori al valore critico si può impedire l'amplificarsi delle oscillazioni se si ricorre all'artificio di sottrarre periodicamente energia al pozzo piezometrico, ad esempio mediante una valvola d'aria. L'A. ha cercato di realizzare tale principio adottando le seguenti direttive. Il pozzo piezometrico viene coperto, ad una certa altezza sopra il livello dell'acqua, con un tetto a tenuta d'aria e nello scavo viene sistemata una valvola; per mezzo di essa quando nella camera d'aria sopra lo specchio d'acqua si genera una sovrapressione può uscire dell'aria, mentre quando si genera una depressione può rientrare aria esterna. La perdita di energia che così si verifica in base a queste correnti d'aria attraverso la valvola, si somma con le perdite dovute all'attrito dell'acqua e in tale modo si rende possibile di diminuire la sezione del pozzo piezometrico. L'A. studia in via analitica il funzionamento di tale dispositivo assumendo l'ipotesi che il volume d'aria affluente vari proporzionatamente alla pressione. Arriva così a una equazione differenziale di terzo ordine che può essere però opportunamente semplificata con qualche artificio del calcolo. In base a tale equazione si può analizzare l'influenza delle varie grandezze che entrano in gioco: attrito dell'acqua, altezza della camera d'aria, ecc. Da tale analisi si deducono considerazioni circa le modalità costruttive da realizzare per arrivare alla possibilità di ridurre al minimo, senza inconvenienti di funzionamento, la sezione del pozzo. Sono pure date formule e direttive per il proporzionamento della valvola d'aria e sono indicate schematicamente alcune disposizioni di installazione di essa. *N.*

MATERIALI.

B. Tavasci - A. Cereseto — **La corrosione dei calcestruzzi da parte delle acque aggressive.** (L'En. Elettr., gennaio-febbraio 1944, pag. 12 a 15). **26**

In un articolo precedente gli AA. hanno messo in evidenza l'influenza che sulla corrosione del calcestruzzo hanno i diversi fattori relativi sia al mezzo di attacco sia al calcestruzzo stesso (vedi *L'Elettrot.* 1944, n. 15, pag. 95 D). Nel presente articolo essi descrivono i metodi disponibili per studiare sperimentalmente in laboratorio il comportamento del calcestruzzo alla corrosione. Nessuno dei metodi finora usati può dare informazioni sicure e definitive, ma soltanto indicazioni utili; per di più è difficile ottenere risultati concordanti in prove ripetute. Un primo metodo si basa sulla misura della variazione della resistenza meccanica di provini di malta normale o di calcestruzzo immersi nella soluzione aggressiva e sulla osservazione dei fenomeni di attacco all'esterno; il metodo largamente usato, ha il difetto di non essere rapido; inoltre i risultati possono essere falsati da depositi superficiali di sali e dal fatto che riesce difficile mantenere costanti le condizioni iniziali di attacco. Un altro metodo si basa sull'esame delle variazioni fisiche presentate dai provini di malta normale: esso serve soltanto per saggiare la resistenza del legante; sembra agli AA. che tale prova, se bene condotta, possa essere utilissima perchè esattamente riproducibile e perchè mette in evidenza uno dei fattori principali che interessano la corrosione. Un terzo metodo si basa su prove di percolazione con determinazione della permeabilità; esame chimico delle acque filtrate e determinazione della resistenza meccanica dei provini dopo la prova; negli studi finora eseguiti con tale metodo si è riconosciuta la grande difficoltà di ottenere risultati concordanti e quindi conclusivi. La prova di Le Chatelier e Anstett, consistente nell'esaminare il rigonfiamento di focacce, ottenute impastando con gesso in eccesso il legante previamente idratato, indurito e poi ridotto in polvere, è molto severa e spesso anche leganti notoriamente resistenti danno un risultato dubbio o negativo. Per giudicare fondatamente la resistenza di un conglomerato alla corrosione, occorre, secondo gli AA., esaminare separatamente l'influenza dei singoli fattori: qualità del legante, qualità dell'inerte, compattezza del calcestruzzo. Per la prova del legante, il metodo della malta porosa sembra il più rispondente; è allo studio la possibilità di saggiare la qualità del legante mediante determinazione rapida dell'idrato di calce libero contenuto nel legante impastato con acqua e stagionato in modo stabilito. La prova dell'inerte si può fare senza difficoltà esaminando il suo comportamento nei riguardi della soluzione corrosiva. La compattezza è uno dei fattori più importanti e se ne può avere una idea attraverso noti metodi di prova di permeabilità, di porosità apparente, reale, ecc. Solo però la osservazione del calcestruzzo in opera dopo un certo periodo di contatto colla soluzione aggressiva può dare una idea ben attendibile sulla resistenza chimica di quel dato conglomerato. *Ri.*

MISURE.

W. Oehrl — **Dispositivi di misura di frequenza a lettura diretta mediante carica di condensatori.** (E.T.Z., 16 dicembre 1943, pag. 653 a 656, con 9 fig.). **28 c**

L'idea di ottenere, dalla misura della corrente di carica di un condensatore, una diretta indicazione della frequenza, nel campo fino a 100 kHz, ha già dato luogo a parecchie realizzazioni costruttive. Il principio è il seguente: un condensatore viene alternativamente caricato fra due potenziali stabiliti, con un ritmo corrispondente alla frequenza da misurare; poichè ogni volta passa in un senso o nell'altro una carica ben definita, il valor medio della corrente di carica risulta proporzionale alla frequenza. Per basse potenze la inversione può essere effettuata con commutatori meccanici o con tubi a scarica nel gas; per le alte frequenze si può ricorrere a tubi a vuoto. Per la completa carica e scarica del condensatore occorre un certo tempo che deve essere minore del semiperiodo; ora il tempo di carica dipende, oltrechè dalla capacità del condensatore, anche dalla corrente anodica del tubo attraverso il quale esso viene caricato; verso la fine del periodo di carica la corrente anodica tende lentamente a zero e ciò produce un allungamento del tempo di carica;

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ne deriva una diminuzione del campo di frequenze misurabili o, per date frequenze da misurare, una diminuzione della corrente di carica. Si è cercato di rimediare a questo inconveniente introducendo un dispositvo ausiliario per cui si interrompe la carica prima che sia raggiunto il potenziale della sorgente di corrente: viene presentato uno schema di circuito di questo genere mettendo però in evidenza come esso non sia privo di inconvenienti sia perchè è costoso richiedendo l'impiego di parecchi tubi elettronici, sia perchè riesce difficile ampliare il campo d'impiego verso le maggiori frequenze. Si può ottenere una notevole semplificazione se si effettua la carica del condensatore attraverso una semplice resistenza e si usa il tubo elettronico soltanto per la scarica. L'A. illustra uno schema di questo tipo e dimostra come possano essere ottenuti i due potenziali di carica del condensatore in modo indipendente dal valore della tensione di alimentazione; il circuito utilizza un tubo elettronico a 5 elettrodi. Su tale schema è stato costruito un istrumento a indicazione diretta per un campo di frequenza fra 10 Hz e 30 kHz, che sta contenuto in una cassetta di 180×125×80 mm; per l'alimentazione può bastare una tensione di 0,5 V la quale però può essere elevata fino a 100 V senza che le misure ne vengano influenzate; la resistenza di entrata è di 50 kΩ. Il valore massimo della frequenza misurabile col dispositivo descritto è limitato dal fatto che il condensatore deve essere completamente caricato o scaricato entro un semiperiodo; il tempo di carica è proporzionale direttamente alla capacità e inversamente alla corrente di carica: assumendo per la somma delle capacità di fuga circa 30 pF, sarebbe inadeguato allo scopo per fare la capacità del condensatore principale più piccola di 100 pF. Per poter arrivare a frequenze più elevate resta però ancora la via di ricorrere a tubi con più forte emissione ottenendo corrente di carica più intense le quali d'altra parte permettono di azionare anche istrumenti registratori. Secondo queste direttive è stato studiato un altro istrumento che può essere usato come indicatore per frequenze fino a 500 kHz e con ulteriori accorgimenti il campo di frequenze misurabili può essere esteso ulteriormente a frequenze molto maggiori; questo ultimo tipo di apparecchio può anche indicare con grande precisione la differenza di due frequenze. L'A. accenna ad alcune applicazioni di questi strumenti. *N.*

MOTORI PRIMI.

M. Medici — **Ricerche su modelli di turbine idrauliche.** (L'En. Elettr., luglio-agosto 1944, pag. 157 e 162, con 12 fig.). **30 b**

L'A. riferisce circa ricerche eseguite allo scopo di perfezionare le formule di ricalcolazione dei valori funzionali al variare del rapporto-scala. Nelle ricerche sono stati seguiti gli stessi criteri già adottati nelle analoghe esperienze sulle pompe (vedi *L'Elettrotecnica*, 1944, pag. 92 D); si sono cioè usati modelli di macchine assolventi la similitudine geometrica in tutti i particolari, con ruvidità parietali praticamente eguali e per cui sono state soddisfatte le similitudini funzionali. Un gruppo di ricerche fu eseguito su due macchine modello di turbine Francis, in voluta metallica, tenendo tutte le dimensioni costruttive delle due turbine nel rapporto 1 : 1,5; gli aspiratori-diffusori sono tubi ad asse curvilineo con gomito di sezione costante e circolare con porzione terminale conica ad angolo di 6°. I risultati delle ricerche funzionali su queste due turbine modello, nel campo di variazione da 900 a 1100 giri/min, per il modello minore, e di 625 a 766 per quello maggiore, sono messi a confronto in opportuni diagrammi. Analoghe ricerche furono eseguite su turbine con voluta metallica e giranti Kaplan di velocità caratteristica eccezionalmente bassa (n_c = 95 per apertura di 30° e 68 per apertura di 20°), destinate cioè a funzionare in un campo finora coperto dalle turbine Francis. Il distributore aveva 16 pale, la girante 8 pale e tubo di scarico metallico ad asse curvilineo. Le dimensioni dei due modelli furono variate nel rapporto-scala 1 : 2. Le ricerche funzionali furono eseguite a velocità di 1400 giri/min per quella di dimensioni maggiori corrispondentemente alle aperture della girante di 30°-25°-20°. I risultati sono messi a confronto in diagrammi. Dalle ricerche eseguite l'A. ha dedotto le formule di ricalcolazione per le velocità di rotazione, per le portate e per i coefficienti di rendimento; la struttura di queste formule risponde alla legge di similitudine di Reynolds. La curva dei valori del coefficiente numerico f della formula di ricalcolazione delle portate, in funzione dei valori del rapporto-scala, ha un andamento alquanto più ripido per le turbine che per le pompe. *Ri.*

STATISTICA.

R. Kästlin — **Scomposizione di serie statistiche in variazioni elementari e applicazione alle statistiche svizzere relative alla industria elettrica.** (Elektr. Verwertung, luglio-agosto 1943). **36**

L'esame delle serie statistiche riguardanti un campo qualunque della vita economica dimostra che l'andamento degli spostamenti avviene con una certa regolarità. Le variazioni che si verificano in tale andamento si possono, secondo l'A., classificare in tre categorie: spostamenti dipendenti da fenomeni naturali accidentali (terremoti, innondazioni, ecc.) oppure da eventi sociali (nuove invenzioni, ecc.); variazioni che sono dipendenti dal modo di suddividere il tempo in giorni, mesi, ecc., cioè durante periodi relativamente brevi; variazioni e periodo più lungo. Una analisi dell'andamento reale della serie statistica non si può fare se non si scindono questi diversi elementi e se ne mettono in evidenza i movimenti singoli. Perchè la scomposizione di una serie dia risultati attendibili, occorre secondo l'A., che l'esame si estenda almeno a un periodo di 5 anni, per eliminare le influenze stagionali e le fluttuazioni occasionali. Per effettuare la scomposizione viene indicato il metodo della oscillazione media; tale metodo ha però l'inconveniente che la serie regolata a cui si giunge comincia 6 mesi dopo e termina 5 mesi prima della serie originaria da cui si parte. Un altro metodo indicato è quello della media aritmetica, che non presenta tale inconveniente ma è più laborioso da applicare; esso è particolarmente adatto per periodi di tempo brevi. Stabiliti questi principi, l'A. passa ad applicare il metodo della oscillazione media allo studio delle variazioni stagionali della vendita di energia elettrica nella Svizzera relativamente ai consumi per: usi domestici, artigiani, usi industriali in genere, usi per industria chimica ed elettrochimica, uso per caldaie elettriche. I risultati a cui conduce tale analisi sono illustrati in diagrammi riassuntivi. Gli usi domestici e artigiani rivelano un andamento regolare con variazioni stagionali dipendenti dalle vicende meteorologiche (aumento invernale e diminuzione estiva). Anche i consumi industriali dimostrano di essere influenzati dall'andamento della temperatura e del grado di illuminazione giornaliera naturale. I consumi delle industrie chimiche e elettrochimiche rivelano chiaramente la contrazione invernale a cui vanno soggetti. Per le caldaie elettriche il consumo risulta massimo in luglio e minimo in gennaio. *Ri.*

Sviluppo della industria elettrica nell'America Centrale e Meridionale. (Elektrizitaetswirtschaft, 1944-45, N. 4). **36**

La scarsa densità della popolazione, addensata per la maggior parte in grandi centri urbani, spiega perchè nell'America Meridionale le grandi centrali elettriche siano appunto situate quasi tutte presso questi centri. Buenos Ayres, che possiede una popolazione di 2,5 milioni di abitanti, è fornita di centrali elettriche per una potenza complessiva di 600 000 kW; si tratta di centrali termoelettriche. Invece Rio de Janeiro è alimentata da centrali idroelettriche e, con una popolazione di 2 milioni di abitanti può contare su una disponibilità di potenza di 254 000 kW. Anche la capitale del Messico è alimentata da impianti idroelettrici con una potenza complessiva di 240 000 kW. Così pure Lima per 80 000 kW e Bogotà con 45 000 kW. Le disponibilità idroelettriche dei Paesi dell'America Meridionale sono ingentissime e in generale sfruttate solo in piccolissima parte. Nel Brasile la potenza totale installata negli impianti elettrici esistenti è di 1 187 000 kW di cui 950 000 kW in impianti idroelettrici (80 % della potenza totale installata); la produzione totale annua di energia arriva a circa tre miliardi di kWh. L'Argentina dispone di impianti elettrici per una potenza complessiva di 1 136 000 kW, dei quali solo 41 000 kW in impianti idroelettrici (3,6 % del totale); la produzione annua di energia è di circa 2,64 miliardi di kWh.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il Cile è alimentato esclusivamente da impianti termoelettrici per una potenza totale di 469 000 kW con una produzione annua di 1,5 miliardi di kWh. Nel Perù si hanno impianti per una potenza complessiva di 102 000 kW dei quali 60 000 in impianti idroelettrici (59 % del totale); la produzione di energia è di circa 400 milioni di kWh all'anno. L'Uruguay dispone di una potenza complessiva installata di 126 000 kW dei quali 25 000 kW spettano a impianti idroelettrici; la produzione complessiva di energia è di 200 milioni di kWh annui. La Columbia conta esclusivamente centrali idroelettriche con una potenza complessiva installata di 205 000 kW e una produzione annua di circa 212 milioni di kWh. A grande distanza seguono l'Ecuador con 17 000 kW installati di cui 7 000 in centrali idroelettriche (produzione annua 51 milioni di kWh) e il Paraguay con 4 000 kW installati in centrali esclusivamente termoelettriche e una produzione annua di 12 milioni di kWh. Alcune centrali termoelettriche hanno installato gruppi di grande potenza (50 000 kW per unità), ma in generale si tratta di unità di potenza modesta; numerose sono le centrali con motori Diesel della potenza dell'ordine di 1200 kW. Molte centrali termoelettriche utilizzano come combustibili residui delle lavorazioni agricole. La industrializzazione di questi Paesi, specialmente dell'America Meridionale, procede rapidamente e il consumo di energia è in rapido aumento. Per quanto riguarda le linee di trasporto di energia poche sono ancora quelle ad alta tensione. Il valor massimo (132 kV) è raggiunto dalla linea che alimenta Rio de Janeiro collegandola con i grandi impianti idroelettrici. Nella zona di San Paolo vi sono due estese reti rispettivamente a 88 e a 66 kV; nel Cile vi è una linea a 110 kV; e così pure nel Messico. Nel Perù e nella Columbia vi sono reti a 60 kV, mentre nel Venezuela non si superano 33 kV. L'industria delle costruzioni elettromeccaniche si può dire che sia ancora agli inizi in tutti questi Paesi per quanto sia promettentemente iniziata in Argentina e nel Brasile. *Ri.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

Il centenario del telegrafo Morse. (Journal des télécommunications, maggio 1944, pag. 69 a 82). **38 v**

Samuel Finley Breese Morse nacque a Charleston nel 1791. Egli manifestò assai presto una grande inclinazione per l'arte e specialmente per la pittura; a 14 anni fu ammesso a Yale dove si diplomò nel 1810. Successivamente si portò a Londra per studiare belle arti nelle quali riuscì ad affermarsi brillantemente; ritornato in America, per molti anni, in seguito a rovesci finanziari, mantenne la sua famiglia con la sua professione di pittore. La prima idea del telegrafo sembra esserglisi presentata in occasione di un viaggio in Europa nel 1832; durante la traversata atlantica ebbe occasione di sentir descrivere da un passeggiero del piroscafo il funzionamento degli elettromagneti, recentemente inventati. Nella notte stessa Morse segnava alcuni appunti sul suo tacquino; in essi fissa l'idea che, se fosse riuscito a interrompere la corrente elettrica mentre passava nel filo, avrebbe potuto creare una serie di segnali che avrebbero potuto essere ricevuti rapidissimamente e a grande distanza. Ritornato a Nuova York, distratto da altre occupazioni, trascurò la cosa, finchè, nominato professore di storia dell'arte all'Università di Nuova York, ebbe la possibilità di dedicarsi con comodo alla sua idea. Nel 1835-1836 costruì i suoi primi apparecchi che, alquanto migliorati, potè usare per fare delle esperienze in presenza di amici, nel 1837; i segnali venivano inviati in una grossa matassa di fili e si propagavano istantaneamente da un estremo all'altro, dall'apparecchio trasmettitore a quello ricevitore. Un suo amico, A. Vail, gli procurò del denaro e con esso furono continuate le esperienze e gli studi. Nel 1838 una nuova esperienza fu compiuta: intorno alla officina furono tirati circa 5 chilometri di filo e si riuscì a trasmettere esattamente un messaggio da un capo all'altro. Pochi giorni dopo Morse e Vail presentarono i loro apparecchi all'Istituto Franklin e ne ricevettero la approvazione. Vani riuscirono invece gli sforzi di Morse per ottenere dal Congresso la costruzione di una linea telegrafica di prova. La idea del telegrafo fu messa in ridicolo dalla opinione pubblica; l'Inghilterra negò, con un pretesto, la concessione del brevetto chiesto da Morse. Solo nel 1843 venne approvata la costruzione sperimentale di una linea fra Baltimora e Washington. Fallito un primo tentativo con linea in cavo, si pensò di ricorrere a una linea aerea. Al 1° maggio 1844, la linea era già posata fra Washington e Annapolis e con essa Morse potè trasmettere la notizia della elezione del nuovo Presidente con grande anticipo su tutte le altre comunicazioni ufficiali. Ciò attirò l'attenzione del pubblico sulla cosa e richiamò specialmente l'interesse dei grandi giornali. Finalmente il 24 maggio 1844 la linea fu aperta al pubblico per un anno gratuitamente a scopo di propaganda. Le diffidenze del pubblico svanirono poco alla volta e, sebbene il Congresso si rifiutasse di acquistare il brevetto del telegrafo considerandolo ancora come un giocattolo scientifico. Morse trovò presto dei finanzieri che compresero la importanza dell'affare. La guerra fra il Nord e il Sud diede grande impulso allo sviluppo del telegrafo e nel 1861 si apriva la prima linea intercontinentale fra la California e la costa atlantica. Da allora il progresso della telegrafia fu trionfale fino ai recenti sistemi di telegrafia automatica, e delle telescriventi, ecc. *Ri.*

TRASFORMATORI.

G. Crivellari — **Teoria sulle sovratensioni indotte verso massa a media e bassa frequenza negli avvolgimenti aperti dei trasformatori.** (L'En. Elettr., luglio-agosto 1944, pag. 162 a 169, con 5 fig.). **39 b**

L'avvolgimento aperto di un trasformatore è soggetto a risentire verso massa tutte le sovratensioni che interessano l'avvolgimento adiacente inserito sulla rete. La propagazione della sovratensione inducente sull'avvolgimento indotto avviene sia per induzione elettrostatica sia per induzione elettromagnetica e i due effetti danno luogo a una sovratensione complessiva risultante verso massa. Se la sovratensione si propaga in modo identico su tutte le spire dell'avvolgimento inducente (senza dar luogo quindi a differenze di tensione fra le fasi) l'induzione sull'avvolgimento aperto è esclusivamente elettrostatica; nel caso invece che la propagazione avvenga dando luogo, istante per istante, fra le spire dell'avvolgimento inducente a gradienti di tensione variabili nel tempo e nello spazio, allora ha luogo una induzione contemporaneamente elettrostatica e elettromagnetica. Le difficoltà per il calcolo delle tensioni indotte in funzione della tensione di cresta dell'onda inducente sono gravissime; esse possono essere superate praticamente nel caso di sovratensioni di media e bassa frequenza per le quali si possa ammettere la ripartizione della sovratensione inducente lungo l'avvolgimento di una stessa colonna secondo un gradiente costante. L'A. svolge la teoria dell'induzione elettrostatica e della induzione elettromagnetica e ne deduce formule per il calcolo del valore della sovratensione indotta nell'avvolgimento aperto. Un caso tipo di semplice induzione elettrostatica si ha per un trasformatore inserito a vuoto quando su di una fase della rete alimentatrice si verifichi una messa a terra permanente; anche per questo caso vengono elaborate le formule per il calcolo della tensione indotta massima sia nel caso del collegamento stella/stella o triangolo/triangolo, oppure del collegamento stella/triangolo. Un esempio numerico illustra l'applicazione delle formule proposte. Per il caso di induzione elettromagnetica vengono pure illustrati i vari casi che possono presentarsi ed è indicato il procedimento da seguire per la esecuzione pratica delle calcolazioni; anche qui viene esposto un esempio numerico di calcolo relativo a un trasformatore a tre avvolgimenti. La teoria svolta mette in evidenza che le tensioni indotte verso massa negli avvolgimenti aperti dei trasformatori, in occasione di terre sulla linea alimentatrice o di interruzioni della corrente a vuoto, raggiungano valori relativi tanto più elevati quanto più bassa è la tensione di esercizio dell'avvolgimento indotto rispetto a quella dell'avvolgimento inducente ad alta tensione. È quindi consigliabile che il coefficiente di sicurezza dell'isolamento degli avvolgimenti verso massa aumenti non soltanto quanto più bassa è la tensione di esercizio ma anche, a pari tensione, quanto più elevata è la tensione dell'avvolgimento adiacente a tensione maggiore. In fine all'articolo sono svolte alcune considerazioni matematiche circa il calcolo del valor medio spaziale della tensione verso massa dell'avvolgimento inducente. *Ri.*

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI
MILANO - VIA MARCONA N. 50 - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

'40 P1 Vi.Ucc. PJ

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE V.E. ROMA
-5 APR 1946
* RIVISTE *

2 10-25 FEBBRAIO 1945
Pubblicato il 30-VI-45 • Vol. XXXII

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Febbraio 1945 N. 2
Pubblicato il 30 Giugno 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE: R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE

SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 210; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 25,-; PER I NON SOCI L. 35,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Caratteristiche elettriche e magnetiche di un nuovo tipo di ferro tecnicamente puro «il ferrital» e sue possibilità di impiego nelle costruzioni elettromagnetiche (A. REGÈ). . . Pag. 29
Il ciclotrone (P. M. COLLA - continuaz. e fine, v. N. 1, pag. 19) » 40
Lettere alla Redazione: Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (B. CERRETELLI - V. BIANCHI) . . . . . » 45
Libri e Pubblicazioni . . . . . Pag. 47
Dalle Riviste . . . . . » 49
Notizie dell'Associazione:
Notizie della Sezione di Milano . . . . . » 51
Necrologio: Ing. Attilio Gronda - Ing. Giuseppe Ammirato . » 52

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 9D

Siamo lieti di rivolgere un cordiale ben tornato al Sig. Giulio Stucchi, titolare della nostra tipografia e fedele amico dell'A.E.I., il quale dopo lungo soggiorno nel famigerato campo di Mauthausen ha potuto finalmente rientrare in Patria e ricongiungersi con la sua famiglia.

Ai lettori.

Con questo secondo fascicolo del 1945 contavamo di riprendere le buone abitudini di un tempo ormai lontano, quando queste brevi note editoriali ci consentivano di intrattenere i consoci ed i lettori non solo su quanto riguarda la vita della nostra Associazione, ma anche su molti problemi tecnici di interesse generale. Necessità tipografiche hanno imposto di iniziare la stampa del fascicolo e ci è quindi mancato lo spazio necessario per cominciare a tradurre in atto le nostre intenzioni. Ma non mancheremo di farlo nei prossimi fascicoli.

Materie prime nazionali.

Se è vero che della « autarchia » si è fatto un abuso inverosimile che ha finito col suscitare il ridicolo intorno alla parola stessa, non è però men vero che essa contiene un fondo di verità, cioè la direttiva di utilizzare al massimo ogni risorsa nazionale quando ciò possa essere fatto senza controsensi economici e senza sacrificare la perfezione tecnica dei manufatti nazionali.

È questo un impegno che la Nazione e i suoi tecnici devono prendere davanti a se stessi ed al mondo, sia per l'interesse del Paese che diminuisce la propria dipendenza dell'estero, sia per un senso di dignità di un popolo che non vuole chiedere nulla a nessuno se non dopo aver dimostrato di volere e sapere compiere tutto ciò che rientra nelle proprie possibilità.

Tenuti presenti questi principi, non vi è dubbio che ogni contributo, anche modesto, ma razionalmente giustificato, alla produzione di materie prime nazionali deve essere favorito ed apprezzato.

Con queste direttive dovrà essere esaminato anche il noto tentativo di utilizzazione delle sabbie marine ferrifere per ricavare un prodotto siderurgico, il ferrital, che possiede indubbiamente interessanti caratteristiche.

Esse vengono oggi largamente illustrate con particolare riguardo a quanto maggiormente può interessare gli elettrotecnici, dall'ing. A. REGÈ nell'articolo che segnaliamo all'attenzione dei nostri lettori.

LA REDAZIONE

CARATTERISTICHE ELETTRICHE E MAGNETICHE DI UN NUOVO TIPO DI FERRO TECNICAMENTE PURO «IL FERRITAL» E SUE POSSIBILITÀ DI IMPIEGO NELLE COSTRUZIONI ELETTROMAGNETICHE

ALDO REGÈ

Vengono descritte le caratteristiche elettriche e magnetiche determinate sulle due varietà di un nuovo tipo di ferro tecnicamente puro, il Ferrital calmato con alluminio ed il Ferrital effervescente.

Viene stabilito il trattamento termico necessario per ottenere le migliori caratteristiche magnetiche ed elettriche.

Vengono elencati gli impieghi nei quali questo materiale ha trovato utile applicazione.

1) INTRODUZIONE. — In alcune precedenti memorie (1-2-3-4) sono state descritte le caratteristiche analitiche, strutturali, meccaniche, fisiche, elettriche e magnetiche, e le possibilità di impiego di un nuovo tipo di ferro tecnicamente puro, il Ferrital, prodotto per riduzione diretta al forno elettrico ad arco dei concentrati di sabbie ferrifere dei litorali marini secondo il procedimento descritto nei brevetti Arata-Venzi del 1938, 1939 e 1940.

Il procedimento di fabbricazione è stato inizialmente sperimentato in una piccola fonderia romana, la F.E. R.A.M. (Fonderia Elettrica Romana Acciaio Metalli) e successivamente reso definitivamente industriale con la collaborazione dei tecnici degli stabilimenti di S. Eustacchio di Brescia.

Le materie prime impiegate sono le sabbie ferrifere arricchite (concentrati di sabbie ferrifere costituiti quasi esclusivamente da magnetite polverulenta) provenienti dalle spiaggie laziali o pugliesi; possono pure venire impiegate la magnetite di Cogne arricchita, la magnetite svedese ed altre magnetiti purchè si trovino allo stato polverulento e contengano alto tenore di ferro.

Per la fabbricazione si impiega un comune forno elettrico ad arco per acciaio con rivestimento basico, nel quale si carica il minerale intimamente mescolato con

Biblioteca nazionale centrale di Roma

adatte sostanze riducenti previamente polverizzate, e con una sufficiente quantità di sostanze scorificanti e fondenti.

Sulla esatta natura dei materiali impiegati per la riduzione, elencati nei brevetti n. 367670-371073 e successivi si mantiene un comprensibile riserbo.

Il Ferrital può pure essere fabbricato per semplice rifusione ed opportuna lavorazione di rottami, ricuperi di fonderia, materozze, torniture e sfridi diversi di ferrital stesso, purchè questi siano accuratamente selezionati e puliti. In pratica si è trovato più conveniente, per varie ragioni, di adottare il sistema misto per rifusione e per riduzione, caricando una certa quantità di rottame con la carica minerale-riducente.

Il Ferrital può venir colato in due varietà, calmato mediante una calcolata quantità di alluminio in modo da ottenere lingotti compatti e senza soffiature; oppure allo stato effervescente, senza alcuna aggiunta disossidante e calmante, ottenendosi in questo caso lingotti uniformemente soffiati, nei quali la compattezza viene successivamente ottenuta facendo saldare ad altissima temperatura tali soffiature mediante le operazioni di forgiatura o di laminazione.

Il Ferrital calmato è di più facile lavorazione ma contiene sempre traccie di alluminio ed un tenore di carbonio più elevato del tipo effervescente.

L'interesse presentato da questo materiale, sopratutto nel campo siderurgico, è stato precedentemente messo in evidenza da segnalazioni apparse su riviste estere (5-6).

In quanto segue si descrivono le caratteristiche elettriche e magnetiche del Ferrital, confrontandole con quelle di altri materiali ferrosi analoghi che già da tempo hanno trovato impiego nell'industria delle costruzioni magneto elettriche; a tale scopo si espongono i risultati delle numerose esperienze eseguite per lo studio di tali caratteristiche anche in relazione al ciclo termico-meccanico cui il materiale deve venir sottoposto durante le varie lavorazioni.

Vengono inoltre date le prescrizioni per i trattamenti termici più adatti ad esaltare tali caratteristiche, si elencano le applicazioni nelle quali il Ferrital ha già trovato soddisfacente impiego e si indica in quali altri campi dell'industria delle costruzioni elettriche e radio esso potrà venire convenientemente adottato.

2) Composizione chimica e struttura del Ferrital. — Entrambe le varietà del Ferrital calmato ed effervescente sono state diffusamente descritte in una precedente memoria (4), dalla quale si riportano nella seguente tabella n. 1 le composizioni chimiche medie:

Considerando pertanto solo i tenori dei cinque elementi basilari C Mn Si P S la purezza in ferro dei due tipi di Ferrital può essere fissata per il tipo calmato

Fig. 1

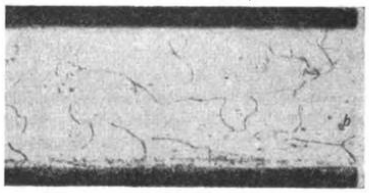


Fig. 2.

Figg. 1-2. - Lamiera di ferrital calmato, spessore 0,25 mm, ingrandimento 75 d. - *a*) superfici - *b*) sezione.

ad oltre il 99,94 % e per il tipo effervescente ad oltre il 99,97 %.

Può essere interessante riprodurre anche la microstruttura del ferrital nelle condizioni in cui esso trova impiego nelle costruzioni elettriche.

Le figg. 1 e 2 rappresentano la struttura in piano ed in sezione di un lamierino di Ferrital calmato dello spessore di 0,25 mm a 75 ingrandimenti. Le figg. 3 e 4 rappresentano invece la struttura in piano ed in sezione di un lamierino di Ferrital effervescente pure dello spessore di 0,25 mm a 75 ingrandimenti. In entrambi i casi la struttura è costituita esclusivamente da cristalli di ferrite; più grandi e meglio delineati nel caso del ferrital effervescente; è da notare in ogni caso la regolarità della superficie e della struttura e la grossezza dei cristalli che aumenta la permeabilità del materiale.

Tabella n. 1. – *Composizione chimica media del Ferrital calmato ed effervescente.*

Materiale	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Al %	Cu %	O2 %	H2 %	N2 %
Ferrital calmato	0,014	0,006	0,003	0,010	0,022	0,029	0,024	0,008	0,0001	0,0017
Ferrital effervescente	0,003	tracce	tracce	0,003	0,007	tracce	0,014	0,071	0,0006	0,016

Ferrital calmato (Purezza media relativa in ferro) ..... Fe = 99.8822
Ferrital effervescente » » » » » ..... Fe = 99.8854

Da quanto sopra si può dedurre che il Ferrital è da ritenersi il più puro fra gli acciai ottenuti con i metodi termici normali, tanto più se si osserva:

a) che l'alluminio viene aggiunto nel tipo calmato appositamente per terminare di calmare il bagno;

b) che il rame proviene dai minerali e che durante la fabbricazione non è possibile in alcun modo agire sulla sua entità;

c) che infine sia il valore di questi elementi come quello del tenore dei gas vengono generalmente trascurati nel valutare la qualità del materiale.

3) Caratteristiche elettriche e magnetiche del Ferrital. — Sul ferrital calmato con alluminio è stata ese-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

guita tutta la sperimentazione orientativa per stabilire il trattamento termico più adatto ad esaltare le caratteristiche elettriche e magnetiche del materiale; successivamente su questo tipo e su quello effervescente vennero determinate le seguenti caratteristiche:

— densità
— resistività elettrica
— malleabilità (prova di piegamento)
— permeabilità magnetica in funzione dell'induzione
— perdite totali in funzione dell'induzione e della frequenza
— perdite separate (per isteresi e per correnti parassite) in funzione dell'induzione e della frequenza.

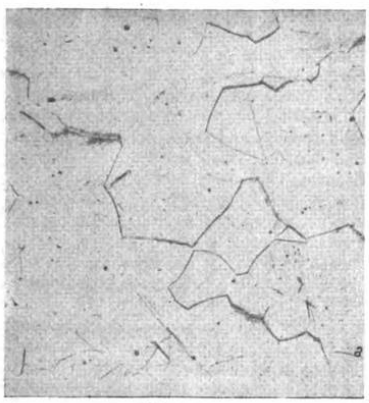


Fig. 3

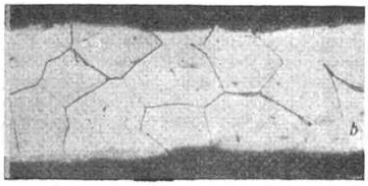


Fig. 4

Figg. 3-4. - Lamiera di ferrital effervescente, spessore 0,25 mm, ingrandimento 75 d. - *a*) superfici - *b*) sezione.

4) Nella tabella n. 2 sono riportati i valori della resistività elettrica determinati col metodo del doppio ponte sui seguenti campioni di ferrital calmato ed effervescente.

(Le lettere *C* ed *E* aggiunte dopo il numero progressivo del campione significano rispettivamente che il campione stesso è di ferrital calmato o effervescente).

TABELLA n. 2. – *Resistività elettrica del ferrital calmato ed effervescente.*

Provino n°		Temperatura di misurazione	Resistività elettrica (1) Ωm
N. 1-C	calmato	15 °C	$0{,}122 \cdot 10^{-6}$
E. 2-C		17 °C	$0{,}121 \cdot 10^{-6}$
E. 3-C		17 °C	$0{,}115 \cdot 10^{-6}$
N. 4-E	effervescente	16,2 °C	$0{,}1003 \cdot 10^{-6}$
N. 5-E		17 °C	$0{,}0997 \cdot 10^{-6}$
E. 6-E		11,5 °C	$0{,}104 \cdot 10^{-6}$

(1) Medie di 4 prove.

N. 1-C) Sbarra cilindrica massiccia della lunghezza di 1100 mm e del diametro di 10 mm, densità 7850 kg/m², determinata da misure geometriche e pesata.

E-2-C) Quattro pacchi costituiti da complessive 245 striscie delle dimensioni di 500 × 30 mm e dello spessore medio di 0,352 mm, ricavate metà nel senso della laminazione e metà in senso trasversale, verniciate su di una faccia. Densità 7830 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

E-3-C) Quattro pacchi costituiti da complessive 338 striscie delle dimensioni di 500 × 30 mm e dello spessore medio di 0,254 mm ricavate metà nel senso della laminazione e metà in senso trasversale, verniciate su una faccia. Densità 7830 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

N. 4-E) Sbarra cilindrica massiccia della lunghezza di 1100 mm e del diametro di 9,94 mm ricavata dallo spigolo esterno di un lingotto di ferrital effervescente dove il materiale è compatto e non presenta liquazioni di impurezze. Densità 7825 kg/m³, determinata da misure geometriche e pesata.

N. 5-E) Sbarra cilindrica massiccia della lunghezza di 1100 mm e del diametro di 9,94 mm ricavata da un tondo ottenuto per laminazione di un lingotto di ferrital effervescente, comprendente perciò la zona di metallo ove si trovano numerose liquazioni. Densità 7870 kg/m³, determinata da misure geometriche e pesata.

E-6-E) Quattro pacchi costituiti da complessive 164 striscie delle dimensioni di 500 × 30 mm e dello spessore medio di 0,509 mm. Le striscie non sono perfettamente piane ma presentano una apprezzabile torsione elicoidale. Densità 7850 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

Il valore più o meno elevato della resistività elettrica è in stretta relazione con il tenore di alluminio contenuto nel metallo. Infatti la più bassa resistività elettrica è quella presentata dal ferrital effervescente il quale non contiene praticamente alluminio; ciò è stato ulteriormente confermato mediante alcune determinazioni eseguite su materiale ricavato da una colata di ferrital calmato avente il tenore anormale del 0,28 % di alluminio il quale ha dato una resistività elettrica variante da 0,51 a 0,149 μΩm, a seconda dei trattamenti termici ai quali il materiale era stato sottoposto.

È stato pure riscontrato che i trattamenti termici hanno una certa influenza sulla conducibilità elettrica del ferrital identicamente a quanto si verifica per gli acciai.

Il minimo di resistività elettrica del ferrital si ottiene con una ricottura prolungata (2 ore di regime) a 700 °C seguita da raffreddamento lento in forno.

Con la ricottura ad alta temperatura, anche al di sopra di Ac_3, non si ottengono risultati migliori. Nel materiale temprato, bonificato o incrudito per deformazione a freddo, si hanno valori di resistività elettrica sempre superiori a quelli ottenuti con la ricottura a 700 °C.

Questo fatto si spiega riportandoci a quanto è stato detto nelle memorie citate (2-3) riguardo ai trattamenti termici del ferrital, e cioè che tale ricottura, specialmente quando sia eseguita su materiale parzialmente incrudito, genera della ferrite assai pura a grana molto grossa e favorisce la liquazione del carbonio e delle altre impurezze nelle zone intercristalline. È noto infatti che il carbonio e le altre impurezze ostacolano molto più il flusso della corrente quando trovansi in soluzione nel reticolo del ferro, anzichè quando siano liquate fuori dal reticolo cristallino, e si trovino presenti come sostanze estranee che diminuiscono tutt'al più il volume reale del conduttore.

I coefficienti di temperatura della resistività, sono stati misurati col metodo del doppio ponte, con provini disposti in termostato, su quattro striscie, due del provino E.2-C e due del provino E.3-C; e su due striscie del provino E.6-E.

L'aumento di resistività, per temperature comprese

Biblioteca nazionale centrale di Roma

fra i 15 °C e 280 °C per i provini E.2-C ed E3-C; e per temperature comprese fra i 10 °C e 300 °C per il provino E.6-E, è rappresentato dalla seguente espressione:

$$\varrho_t / \varrho_0 = 1 + \alpha \cdot t + \beta \cdot t^2$$

di cui: ϱ_t è la resistività alla temperatura di t °C, ϱ_0 la resistività alla temperatura di o °C, ed i coefficienti sono risultati: per i provini E2C e E3C di ferrital calmato:

$$\alpha = 0{,}00404 \quad {}^\circ C^{-1}$$
$$\beta = 0{,}000010 \quad {}^\circ C^{-2}$$

e per il provino E.6.E di ferrital effervescente:

$$\alpha = 0{,}00588 \quad {}^\circ C^{-1}$$
$$\beta = 0{,}0000088 \quad {}^\circ C^{-2}$$

Nella tabella n. 3 sono posti a confronto i valori della resistività elettrica del ferrital con quelli citati nella letteratura per certi materiali analoghi (7-8) e per l'acciaio, tutti calcolati a 20 °C mediante i relativi coefficienti di temperatura.

TABELLA n. 3. – *Confronto fra la resistività elettrica a 20 °C del ferrital calmato, del ferrital effervescente e di altri materiali ferrosi.*

Materiale	Resistività elettrica a 20 °C
Ferro puro (valore limite) (11)	0,098
Ferrital calmato (Al = 0,12 %)	0,116
Ferrital effervescente (Al = tracce)	0,106
Ferro armco (9)	0,1085
Ferro elettrolitico (10)	0,1131
Ferro omogeneo (10).....	0,1515
Acciaio ordinar. bonificato (C = 0,28 %) (8)	0,1706

Come si vede il ferrital effervescente ha una resistività elettrica di poco inferiore a quella del ferro armco, molto più bassa di quella del ferro elettrolitico, e che si avvicina notevolmente a quella limite del ferro puro; mentre che quella del campione di ferrital calmato è solo di un poco maggiore.

5) Per la sua grande purezza analitica e la sua uniformità strutturale il ferrital è dotato di interessanti caratteristiche magnetiche.

I trattamenti termici e quelli meccanici hanno una considerevole influenza sulle caratteristiche magnetiche del ferrital come già è stato dimostrato a pag. 249, tabella n. 9 e figg. 45, 46, 47, 48, 49, del precedente studio già citato (1) al quale si rimanda.

Successivamente vennero eseguite le seguenti esperienze: 20 barrette di ferrital calmato (C = 0,02, Si = tracce, Mn = 0,01, P = 0,007, S = 0,035) di mm 20 × 40 × 270 sono state ricotte in un forno elettrico a muffola alle temperature e con i tempi di ricottura indicati nella tabella n. 4 e quindi portate di macchina e rettificate alle dimensioni di mm 10 × 30 × 250 per le misurazioni relative.

Dai risultati delle prove magnetiche elencati in detta tabella n. 4, si può notare che i migliori valori di permeabilità si ottengono con una ricottura a 700 °C per 30 minuti di regime (fig. 3, barretta 4), mentre i valori minimi della forza coercitiva e del magnetismo residuo si ottengono con una ricottura a 800 °C per 30 minuti di regime (fig. 6, barretta 7).

Il grafico della fig. 7 rappresenta il variare della permeabilità magnetica del ferrital in funzione della temperatura di ricottura.

Nei grafici delle figg. 5 e 6 sono rappresentate le curve di induzione ed i cicli d'isteresi rispettivamente delle barrette 4 e 7 dai quali possono rilevarsi i valori della permeabilità, della forza coercitiva e del magnetismo residuo del ferrital calmato trattato in modo adatto. Si mette inoltre in evidenza che i minimi della forza coercitiva e del magnetismo residuo non coincidono con i massimi valori della permeabilità; è però da notare che col variare della temperatura di ricottura le caratteristiche magnetiche del ferrital calmato, con speciale riguardo alla forza coercitiva ed al magnetismo residuo, differiscono di poco fra loro, diversamente da quanto succede con altri ferri tecnicamente puri.

In conseguenza del fatto che la temperatura che dà luogo ai massimi valori della permeabilità magnetica non conferisce al materiale anche un minimo di forza coercitiva e di rimanenza, il ferrital dovrà essere sottoposto

TABELLA n. 4. – *Tabella riassuntiva delle caratteristiche magnetiche determinate su barre (1) di ferrital calmato ricotto a diverse temperature e con diversi tempi di regime.*

Num. della barra	Ricott. con raffredd. lento in forno alla temp. di °C	Tempo di regime	Asp/m per Wb/m² (2)									Forza coerc. (3) determinata per l'induzione di saturazione Asp/m	Forza coerc. (4) determinata per $B_{max} = 1{,}0$ Wb/m² Asp/m	Magnetismo residuo (4) per $B_{max} = 1{,}0$ Wb/m² Wb/m²
			1.00	1.20	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00			
1	600	2 ore	264	330	580	620	900	1700	4100	9000	17200	102	91	0,84
2	650	2 ore	218	320	470	570	880	1650	3700	7900	14900	88,6	84	0,84
3	700	30 min.	264	300	450	590	900	1630	4050	8800	15500	88,0	80	0,82
4	700	2 ore	233	300	440	550	700	1200	2900	6800	13500	72,0	66	0,82
5	700	6 ore	224	300	430	600	1000	2200	4900	9600	16800	70,4	64	0,81
6	750	2 ore	256	330	540	800	1400	2700	5900	11000	18900	73,6	60	0,80
7	800	30 min.	280	380	630	850	1430	2700	5750	11800	18000	73.0	55	0,73
8	800	2 ore	292	380	600	830	1350	2600	5400	10100	17400	74.4	63	0,76
9	800	6 ore	296	400	650	880	1470	2550	5400	10000	17000	75,0	67	0,73
10	850	2 ore	260	300	470	790	1450	2850	5650	10500	17300	76,8	72	0,76
11	900	30 min.	260	380	580	750	1380	2900	6300	11800	19300	68,0	69	0,80
12	900	2 ore	224	320	500	660	1300	2400	5850	11900	20100	68,8	70	0,79
13	900	6 ore	272	350	500	760	1450	2900	6400	11800	19000	76,0	69	0,80
14	950	2 ore	276	440	680	960	1730	3700	7300	12800	21100	97.6	90	0,76

(1) Sezione 20 × 40 mm, lunghezza 270 mm; dopo trattamento termico le barre sono state portate di macchina e rettificate alle dimensioni di mm 10 × 10 × 250 per le misurazioni relative.
(2) Valori determinati col permeametro Fahy-Siplex.
(3) Valori determinati col coercimetro S.A.S.I.B.
(4) Valori determinati col permeametro Fahy-Siplex.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

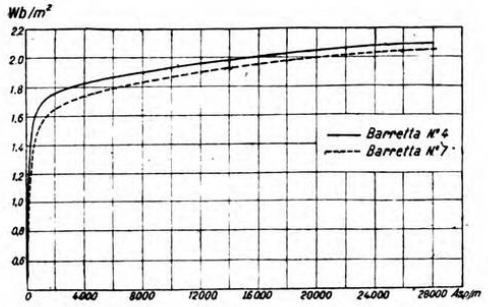


Fig. 5

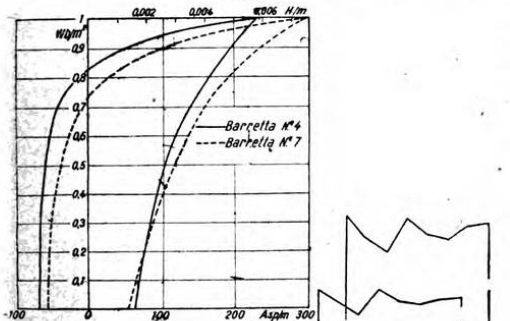


Fig. 6

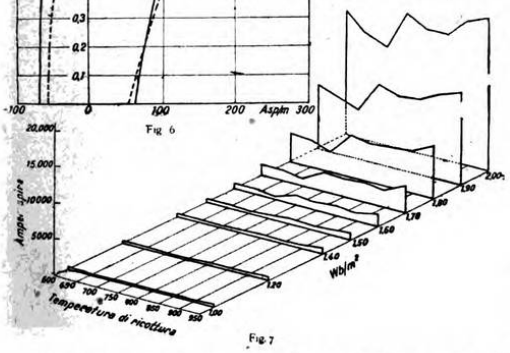


Fig. 7

Fig. 5. - Curve di induzione rilevate sulle provette n. 4 e 7 di ferrital calmato (tabella n. 4).

Fig. 6. - Cicli di isteresi rilevati sulle barrette n. 4 e 7 di ferrital calmato (tabella n. 4).

Fig. 7. - Variazione della permeabilità magnetica del ferrital in funzione della temperatura di ricottura.

di volta in volta al trattamento termico adeguato a conferirgli le caratteristiche magnetiche desiderate.

Nell'esecuzione di tale trattamento termico non dovrà essere trascurato il tempo di permanenza in forno alla temperatura di regime, poichè, come è dimostrato dai dati riassunti nella tabella 4, esso ha una notevole influenza sulle caratteristiche magnetiche finali. Sarà perciò indispensabile conoscere l'esatta destinazione dei pezzi da trattare, ed in mancanza di ciò converrà applicare generalmente la ricottura a 700 °C con due ore di regime, essendo quella con la quale si ottiene il massimo di permeabilità magnetica unitamente a caratteristiche di forza coercitiva e magnetismo residuo soddisfacenti anche se non minime.

6) La ragione per cui con la ricottura a temperature comprese fra 700 e 800 °C si ottengono le migliori caratteristiche magnetiche è la medesima per cui si ha il minimo di resistività elettrica, il fatto cioè che tale ricottura conferisce al materiale, specialmente se preventivamente incrudito, mediante deformazione a bassa temperatura, una struttura costituita da grossi grani di ferrite purissima; mentre che tutte le minime impurezze vengono completamente segregate negli spazi intercristallini.

È noto infatti che la permeabilità magnetica del ferro è strettamente connessa alla sua purezza ed è tanto più grande quanto maggiori sono le dimensioni del grano di ferrite e la sua intrinseca purezza.

Da ciò deriva la necessità di sottoporre il materiale nel quale si vuole esaltare la permeabilità magnetica ad un trattamento termico-meccanico adatto a sviluppare al massimo grado le dimensioni del grano ed a esaltarne la purezza.

Lo studio completo di questo materiale ha consentito di stabilire che le massime dimensioni del cristallo ferritico possono essere ottenute sfruttando il fenomeno della ricristallizzazione dopo opportuno incrudimento per deformazione a freddo (2-3-4).

È d'altra parte noto che di tale fenomeno ci si vale anche nella fabbricazione dei lamierini al silicio per macchine elettriche e per trasformatori, i quali vengono opportunamente incruditi per laminazione a freddo prima di essere sottoposti alla ricottura finale (12).

Nel caso del ferrital, calmato o effervescente, si è stabilito (3) che per ottenere il massimo ingrossamento del grano è necessario conferire a freddo al materiale una deformazione critica di circa il 6-10 % della sezione iniziale, facendolo seguire da una ricottura alla temperatura critica di 700-800 °C per due o tre ore di regime.

Di questo trattamento termico-meccanico non è però possibile trar partito in tutti i casi; esso può essere eseguito, ad esempio, sui lamierini, i quali vengono laminati a caldo fino ad uno spessore leggermente superiore a quello finale, quindi ricotti a fondo a 1000 °C per eliminare ogni influenza della laminazione; nuovamente laminati a freddo per conferire loro una diminuzione di spessore del 6-10 % portandoli al tempo stesso allo spessore definitivo, e finalmente ricotti nuovamente a 700-800 °C.

Tale trattamento non può invece essere eseguito sui getti fusi dei quali non è possibile variare la forma e che non possono pertanto venire incruditi; in questo caso per ottenere il massimo ingrossamento del grano di ferrite e la segregazione delle impurezze si ricorre ad una prolungata ricottura a temperatura superiore al punto Ac_3 (p. es. a 1000 °C) seguito da raffreddamento molto lento in forno.

Scopo finale di entrambi i trattamenti termici citati è quello di favorire la completa segregazione di tutte le pur minime impurezze ai margini dei grani e di ottenere una struttura costituita da grossi grani di ferrite purissima.

Ciò stabilito vennero fatti eseguire, presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino, tutti i rilievi delle caratteristiche magnetiche del ferrital calmato ed effervescente su campioni opportunamente preparati e ricotti a 700 °C per due ore di regime.

Nella seguente tabella n. 5 sono esposti i valori dell'induzione e del campo magnetico corrispondente, misurati col metodo balistico sui seguenti provini:

T-7-C = Toro massiccio del diametro esterno di 200 mm, diametro interno di 159,5 mm, altezza 200 mm, densità 7775 kg/m³ dedotta da misure geometriche e pesata.

T-8-C = Toro costituito da 30 anelli di lamiera dello spessore medio di 0,355 mm, diametro esterno 200 mm, diametro interno 160 mm, verniciati sulle due facce, densità 7800 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

T-9-C = Toro costituito da 41 anelli di lamiera dello spessore medio di 0,254 mm, diametro esterno 200 mm, diametro interno 160 mm, verniciati sulle due facce, densità 7840 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

T-10-E = Toro massiccio del diametro esterno di 199,5 mm, diametro interno di 159,5 mm, altezza 20,15 mm, densità 7855 kg/m³ dedotta da misure geometriche e pesata.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA n. 5. – *Valori dell'induzione e del campo magnetico corrispondente misurati col metodo balistico su campioni di ferrital calmato ed effervescente.*

Induzione Wb/m²	Campo magnetico Asp/m						
	Ferrital calmato			Ferrital effervescente			
	T-7-C massiccio	T-8-C spessore 0,35	T-9-C spessore 0,25	T-10-E massiccio	T-11-E spessore 0,05	T-12-E spessore 0,35	T-13-E spessore 0,25
0,1	40	54	50	46	46	48	45
0,2	50	71	67	59	63	64	61
0,3	57	85	81	72	76	78	75
0,4	67	98	92	84	88	92	89
0,5	78	114	106	98	103	106	105
0,6	90	134	124	115	120	125	126
0,7	105	158	147	135	143	147	150
0,8	122	185	175	160	170	176	183
0,9	140	220	215	185	205	215	225
1,0	165	255	260	215	250	265	285
1,1	200	310	330	260	320	330	370
1,2	245	395	415	310	420	430	520
1,3	320	515	530	390	590	600	790
1,4	430	690	730	410	930	920	1350
1,5	710	1010	1120	760	1830	1800	2800
1,55	1030	1310	1480	1050	2850	2700	4500
1,60	1600	1850	2050	1650	4300	4000	6200
1,65	2550	2750	3100	2600	6100	5600	7900
1,70	4000	4350	4700	4200	8600	7700	10000
1,75	5800	6300	6300	6300	11000	9900	12500
1,80	8100	8200	8500	8700	14000	12500	15500
1,85	10400	10700	10900	11000	17400	15500	19000
1,90	13900	13800	14500	14000	21500	19500	24000
1,95	16500	18000	18000	17500	26500	24000	29000
2,00	21000	23500	22500	21500	33000	30500	37000
2,05	26500	31000	28000	26500	42000	40000	—
2,10	34000	43000	40000	34000	—	—	—

TABELLA n. 6. – *Induzione e valori corrispondenti del campo magnetico misurati con metodo balistico a mezzo permeametro compensato su provini di ferrital calmato ed effervescente.*

Induzione Wb/m²	Campo magnetico Asp/m													
	Ferrital calmato						Ferrital effervescente							
	P-14 CL	P-15 CT	P-16 CL	P-17 CT	P-18 CL	P-19 CT	P-20 EP	P-21 E	P-22 EL	P-23 ET	P-24 EL	P-25 ET	P-26 EL	P-27 ET
	massiccio		spess. mm 0,35		spess. mm 0,25		massiccio		spess. mm 0,5		spess. mm 0,35		spess. mm 0,25	
0,1	42	46	40	53	32	48	51	45	56	56	33	41	40	42
0,2	56	62	53	70	43	63	68	57	57	75	49	58	52	57
0,3	71	75	64	84	52	77	81	67	67	92	63	69	62	71
0,4	85	90	74	95	58	90	90	76	78	107	76	82	73	86
0,5	102	107	84	105	68	104	99	85	92	125	89	98	85	104
0,6	121	127	95	117	77	117	110	95	108	144	105	119	100	125
0,7	142	150	108	132	87	132	120	105	127	165	124	140	120	146
0,8	165	178	122	150	100	150	130	120	151	193	147	170	143	176
0,9	195	215	140	173	115	175	145	135	180	230	175	210	170	215
1,0	230	255	163	205	134	210	160	155	215	280	210	260	210	265
1,1	275	310	195	240	160	255	185	185	265	350	265	330	260	330
1,2	330	380	240	295	200	320	220	225	345	470	350	440	345	440
1,3	405	470	300	390	270	440	275	285	470	650	470	600	490	650
1,4	500	620	415	550	385	640	370	395	660	1000	700	900	800	1100
1,5	660	900	630	880	600	1170	580	610	1040	1750	1350	1700	1550	2050
1,55	800	1200	850	1300	860	1750	800	850	1430	2400	2000	2550	2200	2900
1,60	1050	1800	1250	2050	1300	2700	1250	1250	2000	3300	2950	3600	3200	3950
1,65	1600	2750	1900	3050	2150	4000	2050	2000	2950	4600	4200	5100	4400	5500
1,70	2650	4100	3000	4300	3300	5700	3500	3400	4400	6300	5900	7100	5900	7500
1,75	4100	5600	4600	6000	4700	7500	4200	4000	5800	8200	7800	9100	7700	9600
1,80	5700	7700	6700	8200	6600	9600	7600	7200	7600	10500	10000	11800	10300	12200
1,85	7800	10200	8900	11000	9600	12200	10000	9900	10000	13500	13300	14500	13000	15000
1,90	10500	13000	11700	14500	12300	15000	12500	12500	12800	16000	16000	17000	16000	18000
1,95	14000	16300	15000	17500	15000	19000	16000	16300	16300	19000	19000	20000	20000	21000
2,00	18500	20500	19000	21500	19000	23500	20000	20000	20000	22500	23000	23500	24500	24000
2,05	22500	25000	24000	25500	23500	28000	25000	24500	26000	28000	28000	27500	30500	28000
2,10	26500	31000	29000	30000	30500	34000	30000	30000	32000	35500	35000	33000	39000	33000
2,15	34000	39000	38000	38000	42000	44000	42000	42000	42000	48000	48000	42000	51000	44000
2,20							65000	65000						

Biblioteca nazionale centrale di Roma

T-11-E = Toro costituito da 24 anelli di lamiera dello spessore medio di 0,507 mm, diametro esterno 200 mm, diametro interno 160 mm; gli anelli sono stati verniciati su una faccia, densità 7850 kg/m³ determinato col metodo della bilancia idrostatica.

T-12-E = Toro costituito da 34 anelli di lamiera dello spessore medio di 0,367 mm, diametro esterno 200 mm, diametro interno 160 mm; gli anelli sono stati verniciati su una faccia, densità come provino T.11-E.

T-13-E = Toro costituito da 44 anelli di lamiera dello spessore di 0,258 mm, diametro esterno 200 mm, diametro interno 160 mm; gli anelli sono stati verniciati su di una faccia, densità come provino T.11-E.

Nella seguente tabella n. 6 vengono riportati i valori dell'induzione e del campo magnetico corrispondente misurati col metodo balistico a mezzo di permeametro compensato sui seguenti provini:

P.14.CL = Sbarra parallelopipeda massiccia delle dimensioni di 250 × 30 × 10 mm ricavata nel senso della direzione di laminazione; densità 7850 kg/m³ determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.15.CT = Sbarra parallelopipeda massiccia delle dimensioni di 250 × 30 × 10 mm ricavata in senso trasversale alla direzione di laminazione; densità 7850 kg/m³ determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.16.CL = Pacco costituito da 24 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,362 mm, ricavate nel senso della laminazione; densità 7830 kg/m³ determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.17.CT = Pacco costituito da 24 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,365 mm, ricavate in senso trasversale alla laminazione; densità 7830 kg/m³ determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.18.CL = Pacco costituito da 33 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm, spessore medio di 0,253 mm ricavate nel senso della laminazione; densità 7830 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.19.CT = Pacco costituito da 33 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm, spessore medio 0,256 mm ricavate in senso trasversale alla laminazione; densità 7830 kg/m³, determinata col metodo della bilancia idrostatica.

P.20.EP = Sbarra parallelopipeda massiccia delle dimensioni di 250,3 × 30,1 × 10,01 mm ricavata dallo spigolo di un lingotto di ferrital effervescente costituito da materiale compatto e molto puro esente da liquazioni; densità 7840 kg/m³ determinata da misure geometriche e pesata.

P.21.E = Sbarra parallelopipeda massiccia delle dimensioni di 250,3 × 30,1 × 10,01 mm ricavata da una sbarra laminata di ferrital effervescente interessante tutta la sezione del lingotto e perciò esternamente costituita da materiale più puro, internamente costituita da materiale presentante liquazioni; densità 7835 kg/m³ determinata da misure geometriche e pesata.

P.22.EL = Pacco costituito da 18 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,506 mm ricavate nel senso della laminazione; densità come provino T.11.E.

P.23.ET — Pacco costituito da 18 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,49 mm ricavate nel senso trasversale alla laminazione; densità come provino T.11.E.

P.24.EL = Pacco costituito da 22 striscie delle dimensioni di 250 × 30 e dello spessore medio di 0,354 mm ricavate nel senso della laminazione; densità come provino T.11.E.

P.25.ET = Pacco costituito da 22 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,354 mm ricavate nel senso trasversale alla laminazione; densità come provino T.11.E.

P.26.EL = Pacco costituito da 30 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,243 mm ricavate nel senso della laminazione; densità come provino T.11.E.

P.27.ET = Pacco costituito da 30 striscie delle dimensioni di 250 × 30 mm e dello spessore medio di 0,245 mm ricavate nel senso trasversale alla laminazione; densità come provino T.11.E.

Come si vede dalla tabella n. 6, per provini analoghi, la permeabilità è generalmente maggiore nei provini ricavati nel senso della laminazione rispetto a quelli ricavati in senso trasversale, comunque le differenze, un po' maggiori per bassi valori dell'induzione, sono sempre di entità trascurabile.

Nella seguente tabella n. 7 vengono esposti i valori dell'induzione e del campo magnetico corrispondenti misurati per via balistica col metodo del lungo solenoide, con misura diretta del campo magnetico sui provini N.1.C - N.4.E - N.5.E.

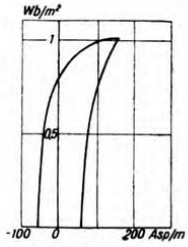


Fig. 8

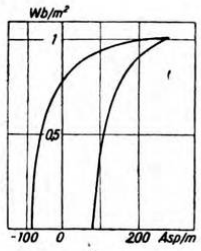


Fig 9

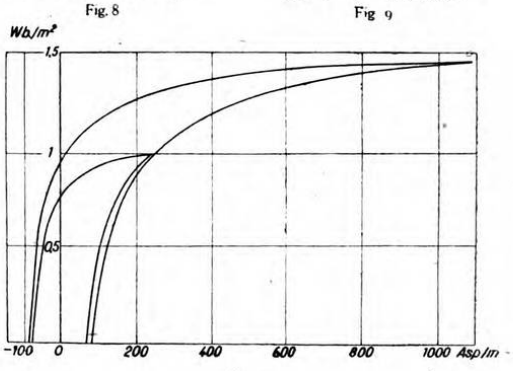


Fig 10

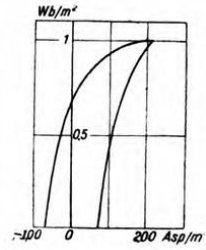


Fig. 11

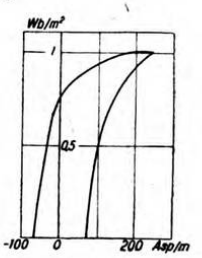


Fig. 12

Fig. 8. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T7C (tab. n. 5).
Fig. 9. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T8C (tab. n. 5).
Fig. 10. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T9C (tab. n. 5).
Fig. 11. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T10E (tab. n. 5).
Fig. 12. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T11E (tab. n. 5).

La permeabilità iniziale misurata con metodo balistico sui provini T.9.C e T.13.E è di 0,00020 henry per metro e si mantiene costante: per il ferrital calmato fino a campi magnetici di circa 4 asp/m; per il ferrital effervescente fino a campi magnetici di circa 0,5 asp/m.

Sui provini T.7.C - T.8.C - T.9.C - T.10.E - T.11.E - T.12.E - T.13.E vennero determinati con metodo balistico i cicli d'isteresi che sono rappresentati nelle figg. 8-9-10-11-12-13-14 e di cui nella seguente tabella n. 8 si danno le caratteristiche limiti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA n. 7. – *Induzione e campo magnetico corrispondente misurati su ferrital calmato e su ferrital effervescente col metodo del lungo solenoide.*

Induzione Wb/m	Campo magnetico Asp/m		
	Ferrital calmato N. 1-C	Ferrital effervescente	
		N. 4-E	N. 5-E
0,1	50	52	52
0,2	64	73	70
0,3	74	91	86
0,4	83	110	102
0,5	93	128	122
0,6	104	150	143
0,7	114	177	170
0,8	127	210	200
0,9	144	250	240
1,0	165	290	290
1,1	193	340	340
1,2	233	420	430
1,3	295	520	550
1,4	415	670	720
1,5	675	950	1050
1,55	900	1250	1370
1,6	1400	1800	1850
1,65		2800	2700
1,7		4200	3900
1,75		6000	5500

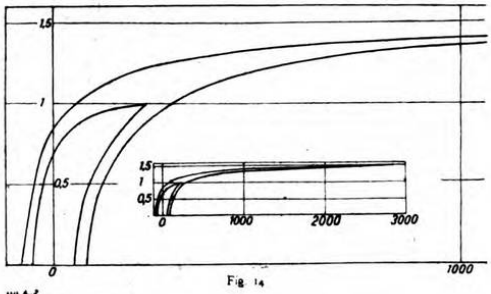


Fig. 14

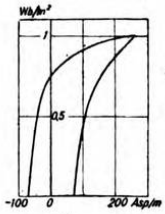


Fig. 13

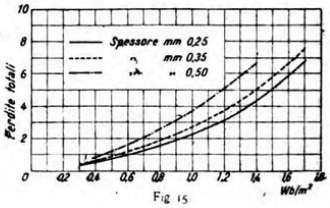


Fig. 15

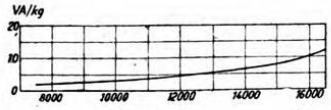


Fig. 16

Sui provini P.14.CL - P.15.CT - P.16.CL - P.17.CT - P.18.CL - P.19.CT - P.20.EP - P.21.E - P.22.EL - P.23.ET - P.24-EL - P.25.ET - P.26.EL - P.26.ET venne inoltre determinata l'intensità di magnetizzazione di saturazione e campo magnetico minimo corrispondente misurati col metodo balistico a mezzo di permeametro

Fig. 13. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T12E (tab. n. 5).
Fig. 14. - Ciclo di isteresi determinato sul provino T13E (tab. n. 5).
Fig. 15. - Perdite totali in watt determinate su lamierini di ferrital calmato di spessori diversi.
Fig. 16. - Valore dell'eccitazione magnetica determinato su lamierini di ferrital calmato dello spessore di 0,35 mm.

TABELLA n. 8. – *Cicli d'isteresi determinati sul ferrital calmato ed effervescente. Caratteristiche limiti.*

	Provini n°								
	Ferrital calmato				Ferrital effervescente				
	T-7-C	T-8-C	T-9-C		T-10-E	T-11-E	T-12-E	T-13-E	
Induzione massima Wb/m²	1	1	1	1,5	1	1	1	1	1,5
Induzione residua Wb/m²	0,785	0,765	0,77	0,955	0,70	0,745	0,740	0,710	0,820
Campo coercitivo Asp/m	59	79	71,5	85	70	68	71	64	74
Perdite per isteresi J/m³	225	302	288	630	260	266	281	276	600

per intensi campi magnetizzanti; ed i valori di tali misure sono riportati nella seguente tabella n. 9.

7) Le perdite totali, in corrente alternata, per isteresi e per correnti parassite sono state determinate sui provini n. E.2.C - E.3.C - T.8.C - T.9.C - E.6.E - T.11.E - T.12.E - T.13.E con metodo wattmetrico per mezzo dell'apparecchio di Epstein alla frequenza di 50 Hz e con tensione praticamente sinusoidale.

Precedentemente erano state determinate le perdite totali su un pacco di lamierini di ferrital calmato dello spessore di 0,5 mm (1).

Tutti i risultati di tali determinazioni sono riportati nella seguente tabella 10.

Come si può riscontrare dai dati riportati nella tabella n. 10 non vi è praticamente differenza fra le perdite dei due tipi di ferrital; si osserva inoltre, come del resto è noto, che le perdite totali vanno diminuendo col diminuire dello spessore dei lamierini costituenti il campione sottoposto a misura in conseguenza della corrispondente diminuzione della frazione di perdite dovute alle correnti parassite. Dall'andamento dei diagrammi fig. 15 che rappresenta graficamente i valori riportati nelle prime tre colonne della tabella 10 si può trarre la conclusione che diminuendo ulteriormente lo spessore dei lamierini, ciò che con questo materiale molto plastico è ancora possibile, anche le perdite verrebbero ad essere ulteriormente abbassate.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA n. 9. – *Intensità di magnetizzazione di saturazione e campo magnetico minimo di saturazione determinato su provini di ferrital calmato ed effervescente.*

Provino N.	Intensità di magnetizzazione di saturazione Wb/m	Campo magnetico minimo per la saturazione Asp/m
P. 14-CL	2,127	circa 50.000
P. 15-CT	2,131	» 70.000
P. 16-CL	2,116	» 60.000
P. 17-CT	2,125	» 80.000
P. 18-CL	2,108	» 60.000
P. 19-CT	2,114	» 70.000
P. 20-EP	2,130	» 110.000
P. 21-E	2,130	» 90.000
P. 22-EL	2,12	» 100.000
P. 23-ET	2,11	» 90.000
P. 24-EL	2,11	» 100.000
P. 25-ET	2,12	» 100.000
P. 26-EL	2,09	» 90.000
P. 27-ET	2,10	» 80.000

Le perdite determinate possono comunque considerarsi sufficientemente basse trattandosi di un materiale senza silicio.

È da mettersi inoltre in rilievo che il valore dei volt-ampere occorrenti per l'eccitazione magnetica è assai basso, come risulta dal grafico fig. 16 ricavato da determinazioni eseguite su un campione di lamierino di ferrital calmato dello spessore di 0,35 mm con 50 Hz di frequenza.

Nella seguente tabella n. 11 è dato il numero di piegamenti a 90° e successivi raddrizzamenti occorrenti per ottenere la prima screpolatura e la completa rottura, eseguiti mediante apposita macchina su striscie dei provini E.2.C dello spessore di 0,35 mm (media di dodici risultati);

E.3.C dello spessore di 0,25 mm (media di 18 risultati);

P.22.E.L e P.23.E.T. dello spessore di 0,5 mm (media di 12 risultati);

P.24.E.L. e P.24.E.T. dello spessore di 0,35 mm (media di 12 risultati);

P.26.E.L. e P.27.E.T. dello spessore di 0,25 mm (media di 12 risultati).

TABELLA n. 10. – *Perdite totali in W/kg determinate su vari campioni di ferrital calmato ed effervescente.*

Induzione massima Wb/m	Perdita totali W/kg								
	Ferrital calmato					Ferrital effervescente			
	striscie spess. 0,5	E-2-C spess. 0,35	E-3-C spess. 0,25	T-8-C spess. 0,35	T-9-C spess. 0,25	E-6-E spess. 0,5	T-11-E spess. 0,5	T-12-E spess. 0,35	T-13-E spess. 0,25
0,3	—	0,38	0,33	0,44	0,33	0,43	0,48	0,42	0,35
0,4	0,80	0,61	0,52	0,68	0,57	0,70	0,77	0,66	0,54
0,5	—	0,87	0,73	0,96	0,82	1,02	1,12	0,95	0,79
0,6	1,55	1,16	0,98	1,28	1,10	1,41	1,54	1,29	1,07
0,7	—	1,50	1,24	1,64	1,40	1,86	2,01	1,67	1,38
0,8	2,52	1,87	1,54	2,05	1,72	2,36	2,53	2,10	1,72
0,9	—	2,28	1,90	2,51	2,09	2,93	3,16	2,57	2,12
1,0	3,68	2,73	2,25	3,02	2,50	3,53	3,81	3,10	2,58
1,1	—	3,24	2,67	3,55	2,93	4,22	4,55	3,65	3,09
1,2	5,07	3,76	3,16	4,15	3,40	4,97	5,35	4,30	3,72
1,3	—	4,38	3,72	4,85	4,00	5,75	6,25	5,05	4,42
1,4	6,70	5,05	4,35	5,60	4,75	6,60	7,25	5,85	5,15
1,5	—	5,83	5,12	6,50	5,60	7,65	8,40	6,75	5,90
1,6	—	6,7	6,0	7,3	6,5	8,8	9,45	7,75	6,65
1,7	—	7,6	6,8	8,2	7,2	9,9	10,5	8,75	7,4
1,8	—	8,2	7,5	9,0	7,8	—	11,7	9,90	8,3
1,9	—	—	—	9,8	8,2	—	13,0	11,2	9,3
2,0	—	—	—	10,5	8,5	—	—	—	—

TABELLA n. 11. – *Prove di piegatura su lamierini di ferrital calmato ed effervescente.*

N. del provino	Numero dei piegamenti	
	per prima screpolatura	per rottura completa
E. 2-C = spess. 0,35 mm (su raggio di 5 mm)	98	153
E. 3-C = spess. 0,25 mm (su raggio di 3 mm)	51	96
P. 22-EL e P. 23-ET = spess. 0,5 mm (su raggio di 5 mm)	40	74
P. 24-EL e P. 25-ET = spess. 0,35 mm (su raggio di 5 mm)	43	70
P. 26-EL e P. 27-ET = spess. 0,25 mm (su raggio di 3 mm)	36	67

Nella seguente tabella n. 12 vengono messe a confronto le caratteristiche magnetiche del ferrital con quelle corrispondenti di altri ferri tecnicamente puri e con i valori presentati dal ferro puro al 99,99 %.

8) Nella tabella n. 13 sono riassunti in modo definitivo i dati ottenuti nelle prove precedentemente descritte confrontati con i corrispondenti del ferro Armco desunti dalla bibliografia e da prove eseguite presso l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.

Nella tabella n. 14 sono messe a confronto le caratteristiche analitiche che è possibile ottenere nel ferrital con quelle prescritte per altri materiali riservati per applicazioni magneto-elettriche nei cataloghi e nelle prescrizioni di alcune ditte straniere.

Dai dati riportati nelle tabelle n. 12-13-14 in confronto con quelli di altri ferri tecnicamente puri o appositamente prodotti per applicazioni magneto-elettriche, si può constatare che, qualora si trascurino di discutere le caratteristiche limiti del ferro puro o di quello al 99,99% riportate a solo titolo di confronto, è sempre possibile

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA n. 12. – *Confronto fra le caratteristiche magnetiche del ferrital Ferro Hyperm O - Ferro Armco - e Ferro puro.*

Tipo di ferro	Stato del materiale	Asp/m per Wb/m²									(1)	(2)
		1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0		
Ferrital calmato	Ricotto a 700 °C per 2 ore regime	233	300	440	550	700	1200	2900	6800	13500	66	0,82
Ferrital calmato	Ricotto a 800 °C per 30 min. regime.....	280	380	630	850	1430	2700	5750	11800	18000	55	0,73
Ferrital effervescente	Ricotto a 700 °C per 2 ore regime	290	430	720	1050	1850	3900	7000	12000	19000	68	0,70
Ferro Hyperm O	Stato di fornitura	150	230	470	930	1990	4750	8890	14350	21100	43	0,465
Ferro armco	Ricotto	200	290	480	875	1690	3200	6500	11600	18200	72	0,750
Ferro puro (13)	99,99%	13	17,60	33	70	—	—	—	—	—	8	0,900

(1) Forza coercitiva determinata per $B_{max} = 1{,}0$ Wb/m² Asp/m.
(2) Magnetismo residuo per $B_{max} = 1{,}0$ Wb/m² Wb/m .

TABELLA n. 13. – *Caratteristiche magnetiche medie del ferrital calmato ed effervescente in confronto con quello di ferro Armco U.S.A*

		Ferrital calmato Dati medi delle prove eseguite			Ferrital effervescente Dati medi delle prove eseguite				Ferro Armco di produzione U.S.A.	
		massiccio	lamiera da 0,35 mm	lamiera da 0,25 mm	massiccio	lamiera da 0,5 mm	lamiera da 0,35 mm	lamiera da 0,25 mm	massiccio ricotto (dati desunti da catalog. e pubblizioni)	massiccio non ricotto (da misure eseguite all'I.E.N.)
Percentuale ferro	%	media 99,882			media 99,885				media 99,846	
Densità	kg/m³	7830	7825	7830	7845	7850	7850	7850	7860	7860
Intensità di magnet. di satur.	Wb/m²	2,12	2,129	2,111	2,130	2,115	2,115	2,095	2,16	2,155
Campo minimo per la saturazione	Asp/m	60000	70000	65000	100000	95000	100000	85000	100000	90000
Permeabilità iniziale	μH/m	—	—	200	—	—	—	200	—	—
Permeabilità massima	μH/m	5670	5460	6080	6050	5920	5200	5200	5550	—
Permeabilità a 1 Wb/m²	μH/m	5010	4980	5350	5780	4070	3960	3850	5150	—
Permeabilità a 1,5 Wb/m²	μH/m	2070	2090	1770	2340	1040	940	745	1300	1250
Permeabilità a 2 Wb/m²	μH/m	100	94	93	98	83	79	73	93	90
Permeabilità alla saturazione	μH/m	44	33	34	23	24	22	26	23	25
Induzione corrisp. perm. massima	Wb/m²	0,66	0,73	0,70	0,81	0,63	0,58	0,56	0,75	—
Induzione residua da 1 Wb/m²	Wb/m²	0,785	0,765	0,770	0,70	0,745	0,74	0,71	0,73	—
Induzione residua da 1,5 Wb/m²	Wb/m²	—	—	0,955	—	—	—	0,82	—	—
Campo coercitivo da 1 Wb/m²	Asp/m	59	79	71,5	70	68	71	64	73	—
Campo coercitivo da 1,5 Wb/m²	Asp/m	—	—	85	—	—	—	74	—	—
Perdite per ister. a 50 Hz e 1 Wb/m²	W/kg	1,44	1,93	1,84	1,66	1,69	1,79	1,76	1,65	—
» » » » » » 1,5 Wb/m²	W/kg	—	—	4,02	—	—	—	4,04	—	—
Perdite totali a 50 Hz e 1 Wb/m²	W/kg	—	2,87	2,37	—	3,67	3,10	2,58	—	—
» » » » » » 1,5 Wb/m²	W/kg	—	6,16	5,36	—	8,0	6,75	5,9	—	—
» » » » » » 1,8 Wb/m²	W/kg	—	8,6	7,6	—	11,7	9,9	8,3	—	—

TABELLA n. 14. – *Composizioni analitiche prescritte per alcuni ferri magnetici confrontate con quelle del ferrital calmato ed effervescente.*

Prescrizione	Impiego del materiale	Percentuali massime di: tollerate										
		C%	Mn%	Si%	S%	P%	Al%	Cu%	O_2%	N_2%	H_2%	FE%
Automatic Electric Sales Co. Ltd. Chicago	Ferro magnetico	<0,02	<0,025	<0,01	<0,025	<0,01	?	<0,025	<0,035	<0,004	<0,001	>99,83
Ferro W W Krupp	Parti valvole radio...	<0,06	<0,15	<0,05	<0,030	<0,025	?	<0,10	per ogni gr di lamiera il content. in gas non deve superare 2,5 cc			?
Ferro Thyssen	Parti valvole radio...	<0,01	<0,12	<0,04	?	?	?	<0,08				?
Ferrital calmato	Applicazioni magnet.	<0,014	0,006	0,003	<0,002	<0,010	<0,029	<0,024	~0,008	~0,0001	~0,0017	>99,882
Ferrital effervesc. ...	Applicazioni magnet.	<0,003	tracce	tracce	<0,007	<0,003	tracce	<0,014	<0,071	<0,0007	<0,016	>99,885

Biblioteca nazionale centrale di Roma

con relativa facilità conferire al ferrital effervescente o calmato una elevata purezza analitica, superiore a quella di altri ferri pregiati, dalla quale sono strettamente dipendenti caratteristiche magnetiche nettamente superiori a quelle di altri ferri analoghi quali l'Hyperm O Krupp e l'Armco di fabbricazione americana, ciò che consente di raccomandare l'impiego nelle applicazioni che vengono qui di seguito elencate.

9) POSSIBILITÀ D'IMPIEGO DEL FERRITAL. — Dai risultati delle esperienze fin qui esposte si può concludere che le caratteristiche elettriche e magnetiche del ferrital effervescente non differiscono in modo essenziale da quelle del tipo calmato. La differenza di maggior conto si nota nella resistività elettrica la cui entità come ha dimostrato l'esperienza, dipende essenzialmente dal tenore in alluminio del ferro ed è tanto maggiore quanto più questo tenore si eleva.

In base alle caratteristiche elettriche e magnetiche determinate si possono prevedere per il ferrital le seguenti possibilità di impiego nell'industria delle costruzioni elettriche o radio:

a) Per la sua elevata permeabilità per alti valori dell'induzione e per il basso valore dei volt-ampere di eccitazione magnetica potrà essere adottato in quegli impianti in cui il flusso ha intensità e direzione costante o variabile con lentezza, per esempio nei nuclei polari, nei rotori di motori asincroni ed in altre parti di dinamo e macchine rotanti.

Fig. 17

Fig. 17. - Calotte per altoparlanti in ferrital calmato.

Esso ha trovato vantaggiosa applicazione nella costruzione di macchine elettriche speciali nelle quali per ragioni di spazio, le perdite nel rame (inversamente proporzionali al quadrato della permeabilità del lamierino) sono alcune volte superiori alle perdite del ferro, nel qual caso è più conveniente usare materiale ad alta permeabilità anzichè a basse perdite.

b) Per il suo piccolo campo coercitivo esso ha trovato impiegato nella costruzione di nuclei per elettromagneti da relè anche per correnti alternate sostituendo materiali pregiati prima importati. Il suo impiego ha consentito di migliorare notevolmente la costruzione di delicatissimi strumenti di misura e di apparecchiature per comando a distanza o per comando automatico.

c) Per la elevata conducibilità elettrica, sopratutto del tipo effervescente, esso può trovare buone applicazioni nella fabbricazione di rotaie conduttrici per ferrovie elettriche a terza rotaia, di filo da trolley, di filo per linee telegrafiche e telefoniche ed anche per linee elettriche di secondaria importanza nelle quali sia possibile adottare forti sezioni per il trasporto di limitate quantità d'energia, ad esempio per linee elettriche per servizio di campagna, ecc.

d) Per la sua permeabilità magnetica unitamente alla sua notevole malleabilità esso trova buone applicazioni in pezzi magnetici fusi o stampati per apparecchiature usate nella tecnica delle comunicazioni elettriche come calotte per altoparlanti, carcasse per circuiti magnetici di cuffie, laringofoni, capsule magnetiche, parti di apparecchi telefonici, ecc.

La fig. 17 rappresenta alcune grosse calotte per altoparlanti in ferrital fuso ed opportunamente ricotto.

e) Per la sua notevole resistenza alla corrosione da parte degli agenti naturali esso può inoltre essere utilmente adottato per piastre di terra e nelle teste dei pali ad alta tensione, ecc.

f) Per la sua insolubilità nel mercurio esso potrà trovare impiego nella costruzione di cassoni di lamiera e parti varie di mutatori a vapore di mercurio.

g) Per la sua purezza di composizione il ferrital ha trovato buone applicazioni in radiotecnica sostituendo in alcuni casi il nichel puro in varie parti degli elettrodi dei tubi elettronici.

h) Per il suo elevato coefficiente di temperatura della resistività potrà trovare utile impiego nella costruzione di resistori ferro-idrogeno e di elementi di termometri a resistenza.

Brescia, ottobre 1944.

Soc. An. Stabilimenti di S. Eustacchio
Reparto: Controlli - Ricerche - Trattamenti termici.

BIBLIOGRAFIA

(1) A. REGÈ - « Il Ferrital » - *La Metallurgia Italiana*, XXXIII, 1941, pagg. 235-255.
(2) A. REGÈ e V. RIVA - « Trattamento termico sopra e sotto i punti critici ($A_3 - A_1$) e fenomeni di invecchiamento in un ferro tecnicamente puro ». - *La Metallurgia Italiana*, XXXV, 1943, pagg. 237-246.
(3) A. REGÈ e V. RIVA - « Influenza della disossidazione con alluminio sulla ricristallizzazione di un ferro tecnicamente puro ». *La Metalurgia Italiana*, XXXVII, 1945, pag. 1 e segg.
(4) A. REGÈ - « Un nuovo ferro tecnicamente puro ricavato dalle sabbie ferrifere litoranee: Il Ferrital ». *L'Ingegnere*, XIX, 1945.
(5) F. GIOLITTI - « Commercial Iron of High Purity ». *Metall Progress*, XXXVI, 1939, pagg. 71-72.
(6) N. N. - « Betriebsmässige Herstellung von sehr reinem Eisen und Nutzbarmachung von Eisensand in Italien ». *Stahl und Eisen*, LX, 1940, pag. 661.
(7) N. N. - « Il ferro puro Armco ». *Catalogo Italiano*, 1936, pag. 10.
(8) G. GUZZONI - « Gli acciai comuni e speciali », 3ª edizione - Hoepli, 1943, pag. 62.
(9) N. N. - « The American Roll Mill Company ». *Catalogo* 1928.
(10) G. C. KAMULINK - *Pr. Roy. Soc.* (A). 141, 1933, pag. 164.
(11) B.S.T.J., vol. 16, 1936, pag. 105.
(12) A. POMP. e H. WUBBENHORST - « Einfluss des Kaltwalzens und gluhens auf die Wattverluste von Dynamo und Transformatorenbandstahl ». *Stahl und Eisen*, LXII, 1942, pagg. 482-487.
(13) F. BITTER - « Introduction to Ferromagnetism ». Mc.Grow Hill Book Company New York, 1937, pag. 105.

Fascicoli non ricevuti della rivista L'ELETTROTECNICA

Il socio o l'abbonato che non avesse ricevuto un fascicolo della rivista può ottenerne **gratuitamente** un duplicato purchè la richiesta sia fatta entro

un mese

dalla data di distribuzione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

IL CICLOTRONE

PIER MARIA COLLA

(continuaz. e fine, v. N. 1, pag. 19)

AZIONI DI MESSA A FUOCO

Uno dei più importanti fattori governanti l'intensità e l'energia delle particelle nel ciclotrone è l'azione di messa a fuoco dei campi elettrico e magnetico.

Essa ha per scopo non solo di mantenere le particelle in circolazione entro gli elettrodi cavi, ma sopratutto di concentrarle dalla loro distribuzione diffusa iniziale in un pennello dotato di alta energia circolante sempre presso il piano mediano degli elettrodi.

Queste azioni di messa a fuoco elettrostatica e magnetica sono schematicamente mostrate nelle figure 15 e 16.

Nella fig. 15 è disegnata una sezione della regione diametrale degli elettrodi con le linee di forza del campo elettrico; la linea con frecce rappresenta il cammino di una particella mentre passa dall'interno di un elettrodo all'interno dell'altro.

Si vede che, a causa della curvatura del campo che in certi punti ha un'apprezzabile componente normale al piano mediano, la particella nell'andare da A a B subisce una deviazione verso il piano.

La fig. 16 dà invece l'andamento del campo magnetico: nella regione centrale il campo è completamente uniforme e normale al piano delle espansioni polari, mentre vicino agli orli presenta una curvatura, perciò le particelle viaggianti su cerchi vicini alla periferia sono soggette a forze magnetiche, indicate dalle frecce, che la curvano costantemente verso il piano mediano.

Sin dall'inizio del metodo si era intuita l'esistenza delle azioni di messa a fuoco, ma se n'era potuto avere solo una conoscenza qualitativa, si era per esempio pensato che la messa a fuoco elettrostatica fosse più efficace di quella magnetica, ma non si sapeva di quanto; più tardi si vide che non solo essa diventa trascurabile di fronte a quella magnetica, ma esercita persino una leggera defocalizzazione.

Lo studio delle due messe a fuoco dev'essere principalmente empirico e grafico a causa delle numerose variabili che entrano a complicare il problema.

Considererò prima la messa a fuoco elettrostatica, poi quella magnetica per paragonarle infine nel calcolo del moto verticale delle particelle nel ciclotrone.

CAMPO ELETTRICO.

La fig. 17 mostra la distribuzione delle linee equipotenziali fra gli elettrodi del ciclotrone in una sezione della regione diametrale.

Le due distribuzioni date corrispondono a due differenti valori del rapporto d/h, dove d = distanza tra gli elettrodi ed h la loro altezza.

Dal confronto di vari di questi grafici (ottenuti tutti sperimentalmente) si è potuto vedere che il campo tra gli elettrodi, eccetto che nelle immediate vicinanze dei bordi degli elettrodi, non cambia sensibilmente al variare di d/h.

Le linee possono essere rese più verticali ed il campo più uniforme mettendo una piastra sopra e trasversalmente allo spazio tra gli elettrodi.

Con una elaborazione grafica di fig. 17 si ottengono le curve di fig. 18 che hanno la componente verticale E_y della forza del campo elettrico in funzione di x.

Le curve piene rappresentano il campo elettrico verticale diviso per il voltaggio tra gli elettrodi, la curva tratteggiata il campo orizzontale od accelerante diviso per il voltaggio ad un'altezza di 1,5 cm sopra il piano mediano:

la 18 a è per $d/h = 1$ cm con d e h uguali a 5 cm;

la 18 b è per $d/h = 0{,}4$ con $d = 2$ cm ed $h = 5$ cm.

Per ottenere il valore di E_y bisogna moltiplicare i valori che si leggono nel grafico per il voltaggio massimo degli elettrodi.

I grafici di figg. 17 e 18 sono stati ottenuti nel caso di corrente continua, mentre attualmente si lavora con corrente alternata ad alta frequenza, cosicchè il campo varia rapidamente col tempo.

Fortunatamente però, poichè gli ioni circolano in sincronismo con questo campo, si può calcolare anche in questo caso il valore del campo.

MESSA A FUOCO ELETTROSTATICA.

Per avere una misura quantitativa dell'azione di messa a fuoco elettrostatica si può considerare la variazione in velocità verticale — Δv_y — che una particella riceve attraversando il campo di corrente alternata per:

1 $r > 10$ cm;

2) $1 < r < 10$ cm;

dove r è il raggio della traiettoria percorsa dalla particella.

Nel primo caso possiamo calcolare il Δv_y per mezzo giro, durante il quale la particella attraversa una volta lo spazio tra i due elettrodi.

Consideriamo lo ione in fase e viaggiante ad una altezza y sopra il piano mediano: durante mezzo giro esso va da

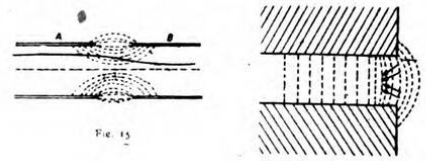


Fig. 15

Fig. 16

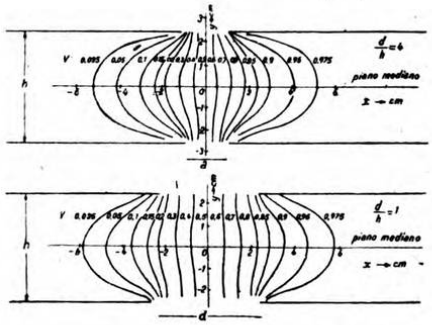


Fig. 17

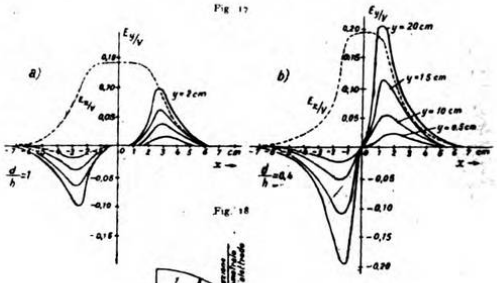


Fig. 18

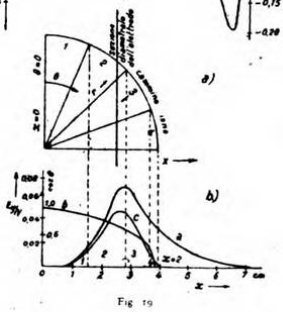


Fig. 19

Biblioteca nazionale centrale di Roma

$x = -r$ a $x = r + \Delta r$, dove r è il raggio di cammino iniziale e Δr l'aumento di r dovuto all'energia acquistata attraversando lo spazio tra gli elettrodi.

Percorrendo il primo quarto di giro da $x = -r$ a $x = 0$, la particella passando attraverso la parte negativa del campo riceve un Δv_y negativo (cioè, diretto verso il basso), nel secondo quarto di giro da $x = 0$ a $x = +\Delta r$ un Δv_y positivo (cioè rivolto verso l'alto); ma la particella procede ora più velocemente rimanendo nel campo di messa a fuoco per un tempo più breve, cosicchè il secondo Δv_y è minore in grandezza del primo.

Ne risulterà quindi un Δv_y, diretto verso il piano mediano, che costituisce l'azione di messa a fuoco elettrostatica.

Calcoliamo ora il Δv_y.

L'equazione di forza di una particella di massa m e di carica e, muoventesi attraverso il campo verticale E_y, è:

$$E_y e = m \frac{dv_y}{ds} \frac{ds}{dt} \tag{1}$$

dove s è misurato lungo il cammino dello ione, cosicchè ds/dt è semplicemente la velocità orizzontale v.

A s possiamo sostituire x poichè la particella si muove quasi parallelamente alla direzione di x.

Per il primo quarto di giro v è costante, possiamo quindi integrare la (1) da un valore relativamente grande di x, dove il campo verticale è 0, ad $x = 0$ dove E_y è di nuovo 0 ed otteniamo per la variazione in velocità verticale per il primo quarto:

$$\Delta v'_y = \frac{e}{m v} \int_{-\infty}^{0} E_y \, dx \tag{2}$$

Durante il seguente quarto da $x = 0$ ad $x = r + \Delta r$ la velocità orizzontale è $v + \Delta v$, quindi la variazione complessiva per il mezzo giro è:

$$\Delta v_y = \frac{e}{m v} \int_{-\infty}^{0} E_y \, dx + \frac{e}{m (v + \Delta v)} \int_{0}^{\infty} E_y \, dx \tag{3}$$

ma

$$\int_{0}^{\infty} E_y \, dx = -\int_{-\infty}^{0} E_y \, dx \tag{4}$$

sostituendo e trascurando $v\Delta v$ si ha:

$$\Delta v_y = -\frac{e}{m} \frac{\Delta v}{v^2} \int_{0}^{\infty} E_y \, dx \tag{5}$$

L'integrale fu calcolato mediante integrazione grafica di ciascuna delle curve di fig. 18, e si trovò che esso poteva essere espresso con un'equazione empirica della forma:

$$\int_{0}^{\infty} E_y \, dx = V_{max} (a + b y) y \tag{6}$$

dove V_{max} è la massima tensione agli elettrodi, a e b sono costanti dipendenti dal rapporto d/h.

Sostituendo la (6) e le relazioni seguenti:

$$v = (e/m) (H r/c) \tag{7}$$

$$\Delta v = V_{max} e/m \, v \tag{8}$$

nella (2), si ha:

$$\Delta v'_y = -(c \, V_{max}/H r) (a + b y) y \tag{9}$$

per un quarto di giro, e nella (5), si ha:

$$\Delta v_y = -(V^2_{max} \, c^3 \, m/H^3 r^3 e) (a + b y) y \tag{10}$$

per mezzo giro.

Esperienze eseguite col piccolo ciclotrone di Berkeley hanno dato, sostituendo il valore di e/m per deuteroni e ponendo $H = 16\,500$ gauss, $V_{max} = 90\,000$ V, $h = 5$ cm (per questo valore di h, $a = 0{,}12$ e $b = 0$ se $d/h = 1$ mentre per $d/h = 0{,}4$, $a = 0{,}12$ e $b = 0{,}05$):

$$\left.\begin{aligned} \Delta v'_y &= -6{,}6 \cdot 10^6 \, (y/r) \\ \Delta v_y &= -4{,}7 \cdot 10^8 \, (y/r^3) \end{aligned}\right\} \quad \text{per } (d/h) = 1 \tag{11}$$

$$\left.\begin{aligned} \Delta v'_y &= -3{,}0 \cdot 10^6 \, (22 + 9y) \, (y/r) \\ \Delta v_y &= -2{,}1 \cdot 10^7 \, (22 + 9y) \, (y/r^3) \end{aligned}\right\} \quad \text{per } (d/h) = 0{,}4 \tag{22}$$

I valori di Δv_y diventano molto piccoli per grandi raggi di cammino poichè Δv_y varia inversamente al cubo di r.

Così per:

$r = 10$ cm, $y = 1$ cm e $d/h = 0{,}4$ $\Delta v_y = 0{,}65 \cdot 10^6$ cm/sec e $v = 6{,}3 \cdot 10^8$ cm/sec;

per $r = 30$ cm, cioè per ioni vicino all'uscita $\Delta v_y = -2{,}4 \cdot 10^4$ cm/sec e $v = 2{,}3 \cdot 10^9$ cm/sec.

La velocità verticale deve essere di un ordine di grandezza maggiore di 10^6 cm/sec per essere apprezzabile, in tal caso la particella si avvicina di 1 mm per giro al piano mediano.

Per $r = 10$ cm si ha uno spostamento di questa grandezza dopo due giri all'incirca, mentre per $r = 30$ cm la particella avrebbe da fare più di 25 giri prima che le $\Delta v'_y$ raggiungano un valore apprezzabile.

In altre parole: l'effetto di messa a fuoco elettrostatica è trascurabile per grandi raggi di cammino.

Nel secondo caso, cioè per raggi minori di 10 cm, i calcoli fatti sopra non sono più validi essendo troppo sensibili le variazioni in velocità verticale durante un giro.

Per calcolare tali variazioni sarà bene dividere un giro in sedici settori e calcolare la variazione in velocità verticale, $\Delta v''_y$, dello ione in uno di essi essendo essa uguale negli altri settori (per il medesimo valore di r e y) eccetto che per segno ed ordine.

Le $\Delta_y v''$ per i settori segnati in figura sono ottenute graficamente dalle curve di fig. 18 nel modo seguente: la curva a, data dalla fig. 18, rappresenta il campo verticale E_y attraverso cui passerebbe una particella di raggio r ed altezza y se agli elettrodi fosse applicata una tensione costante di valore V_{max}, ma, trattandosi di tensione alternata, essa viene moltiplicata per $\cos \theta$, indicata dalla curva b.

Il risultato della moltiplicazione è dato dalla curva c.

Tale curva varia al variare di r e fu calcolata per i diversi valori interi di r compresi tra uno e quattordici.

Noto il valore medio E_y del campo incontrato dalla particella in un settore, calcolato per integrazione grafica, possiamo ricavare la $\Delta v''_y$ dalla equazione:

$$\Delta v''_y = E_y (e/m) \, \Delta t \tag{13}$$

dove Δt è il tempo impiegato dalla particella a percorrere un settore ed è uguale a 1/16 del periodo t [v. form. (*)].

$$t = 2\pi \, m \, c/H \, e \tag{14}$$

cosicchè

$$\Delta v''_y = (\pi \, c/8 \, H) \, E_y \tag{15}$$

Le $\Delta v''_y$, ottenute nei quattro settori, per ogni curva di fig. 18, sono disegnate in fig. 20 per due valori di d/h e sommate danno la $\Delta v'_y$, variazione per un quarto di giro, riportata a piè di figura assieme ai valori dati dalla (11).

Si vede che per $r > 10$ cm l'accordo tra i due valori è buono, mentre per $r \to 0$ i valori ottenuti graficamente presentano un massimo e poi vanno a zero a differenza di quelli teorici che diventerebbero infinitamente grandi.

I calcoli fatti sono validi solo per particelle in fase con la tensione, per particelle sfasate ci si deve aspettare un $\Delta v'_y$ minore poichè esse attraversano il campo di messa a fuoco con tensioni minori.

Ad ogni modo la variazione totale in velocità verticale Δv_y sarà maggiore o minore a seconda che la tensione aumenta o diminuisce mentre lo ione attraversa lo spazio tra gli elettrodi.

CAMPO MAGNETICO.

Per calcoli quantitativi è necessario misurare la direzione del campo.

A Berkeley fu misurata per mezzo di una piccola calamita munita di specchio.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il valore in radianti dell'angolo φ, che la calamita fa con la verticale a varie distanze dal centro delle facce polari ed a varie altezze dal piano mediano è dato da fig. 21.

Dopo accurate misure si potè stabilire che le linee magnetiche sono simmetriche rispetto al piano centrale e si trovò che φ aumenta linearmente con y per ogni valore fissato di r.

L'angolo φ diventa misurabile a circa 10 cm dal centro delle facce polari ed aumenta rapidamente fino a raggiungere parecchi gradi per $r = \sim 30$ cm

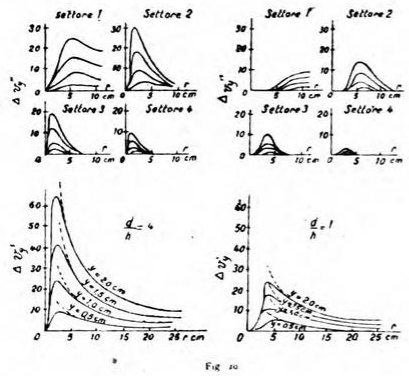


Fig. 20

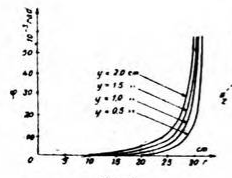


Fig. 21

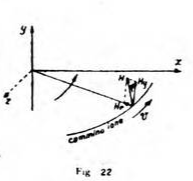


Fig. 22

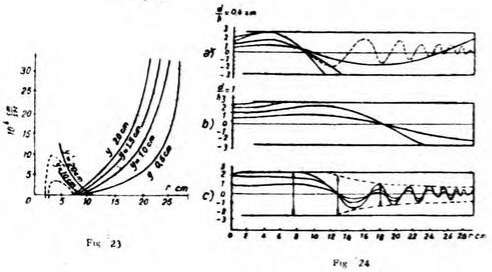


Fig. 23

Fig. 24

La grandezza di H è unita a φ da una semplice relazione, poichè, essendo piccolo φ:

$$\varphi = H_r/H$$

e siccome:

$$\text{rot } H = 0$$

$$\partial H_y/\partial r = \partial H_r/\partial y$$

si ha:

$$\partial \varphi/\partial y = (I/H)\, \partial H_y/\partial r$$

MESSA FUOCO MAGNETICA.

La variazione in velocità verticale dovuta al campo magnetico, che uno ione riceve per frazioni di un giro, può essere calcolata molto facilmente se il cammino delle particelle è centrato.

In fig. 22 è disegnata una particella circolante sopra il piano mediano con velocità orizzontale v perpendicolare al campo magnetico H, che fa un piccolo angolo φ con la verticale.

Si può decomporre H nelle due componenti: una grande componente verticale H_y che mantiene lo ione su un cammino orizzontale di raggio r ed una piccolissima componente radiale H_r che costringe lo ione presso il piano mediano.

Poichè lo ione — se il suo cammino è centrato — si muove sempre perpendicolarmente alla componente radiale durante il suo cammino, ci sarà una forza $(H_r\, e\, V/c)$ diretta quasi verticalmente verso il basso, finchè la particella si muove in una direzione approssimativamente orizzontale.

Quindi per il movimento verticale

$$m\,(d^2 y/dt^2) = -\,(H_r\, e\, V/c) \qquad (16)$$

da cui, con integrazione, otteniamo che la variazione in velocità verticale ricevuta in un tempo Δt è:

$$\Delta v_y = -\,(H_r\, e/m\, c)\, V\, \Delta t \qquad (17)$$

Ma $v\Delta t = \Delta s$, dove s è misurato lungo il cammino dello ione, e $H_r = H_y\, \partial\varphi/\partial y$; quindi sostituendo:

$$\Delta v_y = -\,(He/c\, m)\, y\, (\partial\varphi/\partial y)\, \Delta s \qquad (18)$$

Poichè la velocità verticale è piccola, si può calcolare il Δv_y per mezzo giro facendo $\Delta s = \pi r$

$$\Delta v_y = -\,(e\,\pi\, H/m\, c)\, y\, r\, (\partial\varphi/\partial y) = -\,(e\,\pi/m\, c)\, y\, r\, (\partial H_y/\partial r) \qquad (19)$$

Per deuteroni e per un campo magnetico di 16 500 gauss

$$\Delta v_y = -\,2{,}5 \cdot 10^8\, y\, r\, (\partial\varphi/\partial y) \qquad (20)$$

Il valore di Δv_y per uno ione a qualunque altezza e con qualunque raggio di cammino è allora ottenuto moltiplicando $-2{,}5 \cdot 10^8\, y\, r$ per il corrispondente valore di $\delta\varphi/\delta y$ che è il valore di φ a $y = 1$ cm trovato dalle curve di fig. 21.

Questi valori di Δv_y per mezzo giro sono disegnati in fig. 23.

A titolo di paragone la fig. 23 mostra anche i valori di Δv_y per mezza rivoluzione, dati dalla (12) nella messa a fuoco elettrostatica.

Si vede che l'azione di messa a fuoco elettrostatica è efficace per r minore di circa 10 cm, mentre per r maggiore di 10 cm essa diventa rapidamente trascurabile e predomina invece la messa a fuoco magnetica.

I principali risultati delle misure e dei calcoli sono dati in fig. 24 dove è rappresentato un elettrodo in sezione diametrale e dove è disegnata la posizione della particella man mano che penetra più internamente nell'elettrodo; i punti rappresentativi sono uniti da curve continue.

In altre parole, le curve disegnate sono quelle che saranno tagliate ad ogni giro dalla particella mentre essa gira a spirale dal centro verso l'esterno.

Nella *a*) per $d/h = 0{,}4$ le curve intere indicano l'andamento della messa a fuoco elettrostatica, le curve tratteggiate danno il moto verticale dello ione se si considerano ambedue le azioni di messa a fuoco elettrostatica e magnetica.

La *b*) è per $d/h = 1$ e nel caso che agisca solo la messa a fuoco elettrostatica.

La *c*) nel caso della sola messa a fuoco magnetica.

Le curve sono estremamente interessanti e da uno studio di esse si possono trarre molte conclusioni riguardanti le due azioni di messa a fuoco.

Si osserva che dapprima la messa a fuoco elettrostatica ha un'azione di defocalizzazione che fa sì che le particelle si muovano a spirale lontano dal piano mediano.

È chiaro che ci sarà un'altezza critica per ogni valore di d/h tale che le particelle dirette oltre questa gireranno a spirale verso l'elettrodo ed andranno perse, mentre quelle inferiori a questa altezza dapprima gireranno a spirale verso l'elettrodo poi, deviate da questo, continueranno il loro moto avvicinandosi sempre più al piano mediano.

Un confronto di fig. 24 *a* e 24 *b* mostra che l'altezza critica è maggiore per i valori di d/h minori, cioè per gli elettrodi più vicini e che la defocalizzazione aumenta con l'aumentare di d/h.

Questo è d'accordo con l'aumento di corrente che è stato

Biblioteca nazionale centrale di Roma

attualmente osservato in vari ciclotroni quando si diminuisce lo spazio tra gli elettrodi.

L'effetto di defocalizzazione può anche essere visto dalle curve di fig. 20, che danno la $\Delta v_y'$ per un quarto di giro in funzione di r.

Si ha defocalizzazione quando lo ione è alla sinistra dei massimi; essa dura per pochissimo tempo quando la distanza degli elettrodi è piccola, poichè i massimi si presentano subito.

Gli ioni respinti dall'elettrodo tendono ad oscillare attraverso il piano mediano con ampiezza e periodo crescente a causa degli effetti elettrostatici; perciò se agisse solo la messa a fuoco elettrostatica gran parte degli ioni andrebbe dispersa e si otterrebbe un raggio molto diffuso.

Questo effetto è mostrato in fig. 24 *a* e 24 *b*, dove si vede che la maggior parte degli ioni andrebbe dissipata dopo il primo passaggio attraverso il piano mediano.

Fortunatamente però l'effetto magnetico diventa apprezzabile appena cessa la defocalizzazione, e sotto l'influenza del campo magnetico tutti i rimanenti ioni oscilleranno attraverso il piano mediano ma con ampiezza e periodo decrescente, come indica la curva tratteggiata di fig. 24 *a*.

L'azione di messa a fuoco magnetica è illustrata più chiaramente in fig. 24 *c*, dove è considerata da sola.

Si nota che ioni che partono a differenti altezze sul piano mediano lo attraversano negli stessi punti, e che le curve sono multiple l'una dell'altra proporzionatamente alle loro altezze iniziali.

Gli ioni vengono così incanalati nel pennello centrato che si osserva all'uscita della camera di accelerazione.

L'altezza del pennello a vari valori del raggio può essere calcolata direttamente dalla fig. 24 *c*.

Le linee che uniscono le creste delle oscillazioni sarebbero le curve tagliate dagli ioni partenti da un'altezza iniziale uguale all'altezza critica e deviati verso il piano mediano proprio dove la messa a fuoco magnetica diventa apprezzabile.

Tali linee definiscono allora l'altezza del pennello ionico ad ogni valore del raggio perchè le particelle che partono da un'altezza iniziale maggiore di quella critica vanno perse, mentre le altre sono soggette all'azione della messa a fuoco e oscillano con ampiezze decrescenti.

Lo spazio compreso tra di esse è completamente occupato da ioni, giacchè essi essendo stati accelerati a tutti i voltaggi minori del valore massimo (cioè sono leggermente sfasati tra di loro) hanno da fare un numero di oscillazioni variabile.

APPLICAZIONI FISICHE E BIOLOGICHE

Dopo la descrizione del dispositivo atto a procurarsi i proiettili necessari ai bombardamenti dobbiamo rivolgere il nostro sguardo agli interessanti risultati dovuti a questo bombardamento.

Quando due atomi entrano in collisione con velocità relative dell'ordine di grandezza pari a quelle ottenute col ciclotrone, possono prodursi dei processi di una natura del tutto nuova.

Si tratta di reazioni che non hanno nulla a che vedere con le consuete reazioni chimiche, in quanto in esse gli atomi subiscono modificazioni ben più profonde di quelle che avvengono ordinariamente.

Attualmente sono state prodotte e studiate in laboratorio parecchie « reazioni nucleari » diverse.

Esaminiamo quella del litio che è stata la prima ad essere studiata.

Il litio è un metallo alcalino di peso atomico 6,94 che consta di due specie di atomi, una di peso atomico 7 fascio intenso di ioni d'idrogeno (protoni) di peso atomico 6 (simbolo: ^6Li).

Si è anche riusciti a separare le due specie di atomi, ottenendo così, in piccola quantità, il ^7Li ed il ^6Li puri.

Orbene, se per esempio un sottile strato di ^7Li, depositato su di una sonda, viene sottoposto all'azione di un fascio intenso di ioni d'idrogeno (protoni) di peso atomico 1 — simbolo: ^1H — accelerati come si è detto, avviene la « trasmutazione » seguente:

(1) $$^7Li + {}^1H = {}^4He + {}^4He$$

cioè dall'urto violento di due atomi, uno di litio ed uno di idrogeno, si possono formare due atomi di elio, cioè del più leggero dei gas nobili.

Le quantità di elio che si formano in queste esperienze sono straordinariamente piccole (su di un milione di protoni, nel fascio che cade sul litio, soltanto alcuni producono la trasmutazione di un atomo), tanto da non poter venire rivelate con gli ordinari mezzi chimici.

Ciononostante la formazione di atomi di elio si può considerare come stabilita con certezza, mediante una tecnica, su cui non è il caso di soffermarci.

Soltanto in un caso di una reazione analoga alla precedente, ottenuta però col boro ed usando un « proiettile » diverso dal protone, si è arrivati alla conclusione che la quantità di elio che si formava doveva essere sufficiente per una determinazione chimica dell'elio.

Ma vi è di più: le suddette ricerche hanno dimostrato che nelle reazioni nucleari vengono spesso liberate energie incomparabilmente più grandi di quelle che incontriamo nelle reazioni chimiche.

Non è da credere però che nelle esperienze di laboratorio sin qui eseguite si sia ottenuto uno sviluppo di energia allo stesso modo come si ottiene energia bruciando del carbone.

L'energia che si sviluppa sta in diretta proporzione con la quantità di materia che viene effettivamente « trasmutata », quantità che, come abbiamo detto, è minima.

Quello che è enorme nelle reazioni nucleari è la quantità di energia che si sviluppa per atomo trasmutato.

Per farsene un'idea si pensi che se un grammo-atomo di litio venisse interamente trasmutato nel modo che si è detto, si avrebbe liberazione di un'energia pari a mezzo milione di kWh.

Una conseguenza importante di questa liberazione di energia è il fatto che nelle reazioni nucleari avvengono sensibili cambiamenti di massa.

I pesi atomici del litio, dell'idrogeno e dell'elio sono stati misurati accuratamente.

Essi sono per il ^7Li = 7,018; per l'idrogeno ^1H = 1,008; per l'elio 4,004.

Si verifica immediatamente che nella reazione (1), non si ha esatta conservazione di massa.

Ogni 7g di ^7Li si ha una diminuzione di massa di circa 18 milligrammi.

Ora per una singolare conseguenza della teoria della relatività di Einstein, la materia e l'energia sono trasformabili l'una nell'altra con un coefficiente di trasformazione ben determinato; precisamente, nel caso che ci interessa, la materia sparita avente il peso 0,018 convertendosi in energia cinetica dei frammenti del nucleo, avrebbe dovuto comunicare ad essi l'energia di 7,5 milioni di elettrone-volt a ciascuno di essi.

Effettivamente, come si può calcolare, ognuno degli atomi di elio è espulso con l'energia di 8 000 000 di elettrone-volt.

Così queste esperienze sul litio oltre a produrre la prima disintegrazione artificiale dell'atomo hanno dato un'impressionante verifica quantitativa della formula di Einstein.

Le ricerche furono proseguite sostituendo al litio altre sostanze.

Dei molti elementi sperimentati diedero esito positivo solo alcuni e specialmente quelli il cui peso atomico è formato di un multiplo di quattro con un resto di tre; era naturale che proprio questi elementi, come il litio, fossero i più adatti ad assorbire il protone di peso uno, che unendosi al resto tre del peso atomico dà origine all'atomo di elio o particella α espulsa.

Così si mostrarono particolarmente attivi, sempre in misura minore del litio, il fluoro (peso at. 19) ed il sodio (peso at. 23).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Le reazioni osservate sono le seguenti:

$$^{19}Fl + {}^{1}H = {}^{16}O + {}^{4}He$$

$$^{23}Na + {}^{1}H = {}^{20}N + {}^{4}He$$

A seconda delle reazioni vengono usati protoni, deuteroni e particelle α, le cui energie ed intensità di correnti sono date dalla tabella.

Con questo metodo di accelerazione è stato inoltre avvalorato un nuovo costituente della materia che entra nella composizione del nucleo degli elementi: il neutrone, che ha la massa del protone ma è privo di carica elettrica.

Un proiettile come il neutrone non può essere posto in movimento da un campo elettrico perchè non è elettrizzato; ma quando è in movimento penetra profondamente nella materia, perchè non subisce l'azione di freno dovuta all'atmosfera elettronica degli atomi; e perciò proseguendo indisturbato nel suo movimento finisce con l'incontrare nel suo percorso qualche nucleo.

Avvicinandosi a questo, l'urto non sarà più ostacolato dalla mutua ripulsione elettrica, come avviene per il protone o per la particella α, e perciò è da prevedere che un getto di neutroni veloci avrà una grande efficacia nel disgregare la materia in cui si propaga.

Si è trovato che tra i molti elementi che emettono neutroni sotto bombardamento di deuteroni il berillio è particolarmente degno di nota; infatti bombardandolo con deuteroni di 5 emV si ha una radiazione di neutroni che è più di 10^5 volte quella che si ottiene da un curie di emanazione di radio con berillio.

Queste gigantesche intensità di neutroni possiedono un'azione importante e pericolosa, dal punto di vista biologico, per l'esperimentatore.

I neutroni veloci liberano in tutte le sostanze contenenti idrogeno dei veloci nuclei di idrogeno che producono nel mezzo biologico degli effetti simili a quelli che generano gli elettroni prodotti per mezzo dei raggi Röntgen.

Potè così essere stabilito che l'effetto biologico dei neutroni generati dal ciclotrone è uguale a quello dei raggi γ di 100 gr di radio.

Il bombardamento di elementi per mezzo di deuteroni trova la sua più importante applicazione nella preparazione di un gran numero di isotopi radioattivi di grande intensità.

Irradiando, per esempio, sodio con deuteroni di 5 emV con intensità di corrente di 20 μA durante un intero giorno, si ottiene un preparato dell'isotopo ^{24}Na del sodio fortemente radioattivo con un periodo di trasformazione di 15 ore, che emana accanto ai raggi β anche dei raggi γ.

L'intensità di questi raggi γ del ^{24}Na è in questo caso equivalente a quella dei raggi γ di 200 mg di radio.

Questi preparati hanno dato l'occasione di misurare con precisione un'intera serie di isotopi radioattivi artificiali in base ai loro spettri β ed al loro periodo di trasformazione.

Si è anche riusciti ad ottenere un isotopo del bismuto, il radio E attraverso la reazione:

$$^{209}Bi + {}^{2}H \leftarrow {}^{210}Bi + {}^{1}H$$

Questo radio E, al pari di quello naturale, si trasforma in polonio emettendo raggi β, e poi in piombo emettendo raggi α.

Analogamente si sono ottenuti quantità apprezzabili di radio fosforo e radioferro

$$^{31}P + {}^{2}H \leftarrow {}^{32}P + {}^{1}H$$

$$^{58}Fe + {}^{2}H \leftarrow {}^{59}Fe + {}^{1}H$$

Van Voorhis ha potuto scoprire, sottoponendo il rame ad un fascio di deuteroni, l'interessante caso che uno stesso isotopo ^{64}Cu, può dar luogo, emettendo positroni ed elettroni, a due isotopi stabili rispettivamente:

$$^{64}Ni \quad e \quad {}^{64}Zn$$

impiegando lo stesso periodo di trasformazione.

Col nuovo grande ciclotrone di Berkeley, Alvarez e Cornog sono giunti ad una nuova interessante scoperta.

È stato trovato che riempiendo il ciclotrone con elio, era visibile un debole raggio di 54 cm di lunghezza anche in una posizione che per la condizione di risonanza era da attribuire alla massa 3, tale raggio, interpretato in base ai valori di e/m, di v, e della sua lunghezza, risultò costituito di molecole ^{3}He aventi un'energia di 24 emM.

Si è visto così che accanto all'isotopo ^{4}He si trova in natura un secondo isotopo ^{3}He rarissimo.

Con l'aiuto del ciclotrone, che in questo caso serve da spettrografo di massa, si potè constatare che il rapporto $^{3}He/^{4}He$ per l'elio atmosferico è esattamente 12 volte quello dell'elio contenuto in diversi gas naturali.

Con questo nuovo « leggero » raggio α potè essere stabilita la reazione del nucleo

$$^{28}Si + {}^{3}He \leftarrow {}^{30}P + {}^{1}H$$

I due sperimentatori giunsero anche alla conoscenza del ^{3}H.

I due isotopi ^{3}He ed ^{3}H si presentano nella reazione *D-D* ottenuta sottoponendo il gas deuterio al bombardamento prolungato di deuteroni

$$^{2}D + {}^{2}D \leftarrow 2\,{}^{3}He + {}^{1}n$$

$$^{2}D + {}^{2}D \leftarrow {}^{3}H + {}^{1}H$$

La prima di esse serve anche ad ottenere intense correnti di neutroni con una relativamente bassa tensione di accelerazione.

Se si riuscirà ad arricchire maggiormente l'isotopo ^{3}He, e di questo non c'è dubbio, con i processi odierni di separazione degli isotopi, esso occuperà una parte molto importante negli studi di fisica nucleare accanto ai tre mezzi bombardanti:

$$^{1}H — {}^{2}D — {}^{4}He$$

Il ciclotrone, oltrechè fornirci nuove possibilità di studi nucleari, apre un nuovo mondo alla ricerca biologica.

L'uso degli isotopi radioattivi degli elementi ordinari permette di seguire negli organismi e nelle reazioni biologiche, mediante semplici misure di radioattività al contatore di Geiger, il destino degli elementi, la loro distribuzione, le forme chimiche che assumono.

I radioelementi che si sono preparati con il ciclotrone di Berkeley e che hanno avuto applicazioni biologiche sono elencati nella tabella seguente:

N. atomico	Radio elemento	Radiazione emessa	Semiperiodo
1	^{3}H	β	150-170 g
6	^{11}C	positrone + γ	20,5 min.
11	^{24}Na	$\beta + \gamma$	14,8 h
15	^{32}P	β	14,3 g
16	^{35}S	β	88 g
17	^{34}Cl	positrone + γ	33 min.
19	^{42}K	$\beta + \gamma$	12,4 h
20	^{45}Ca	$\beta + \gamma$	180 g
26	^{59}Fe	$\beta + \gamma$	47 g
35	^{82}Br	$\beta + \gamma$	34 h
53	^{126}J	$\beta + \gamma$	13 g

L'idrogeno radioattivo ^{3}H promette di costituire un indicatore preziosissimo per seguire i processi deidrogenativi ed ossidativi.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il radiocarbonio ^{11}C ha l'inconveniente di una vita breve: tuttavia si va usando da Ruben e Collaboratori per studiare il meccanismo della fotosintesi clorofilliana da $^{11}CO_2$.

Gli ioni $^{42}K^+$ $^{24}Na^+$ $^{82}Br^+$ $^{31}PO_4^-$ sono stati utilizzati da Hoagland per seguire l'assorbimento degli elettroliti nelle radici ed il loro cammino nella pianta.

Si è riconosciuto che quando i sali sono assorbiti *via* radice, penetrano rapidamente nello xilema e poi si muovono rapidamente verso le foglie sotto l'azione della traspirazione.

Con il radiofosforo si è eseguito l'assorbimento dei fosfolipidi, e si è stabilito che nello assorbimento intestinale degli acidi grassi ha grande importanza la loro trasformazione in fosfolipidi.

Il radiojodio ^{126}I ha permesso ad Hamilton di seguire la concentrazione dell'alogeno nella tiroide, e la sua distribuzione nella glandola che si è anche registrata cinematograficamente.

Così pure è stata studiata l'azione del radiofosforo nella leucemia: somministrando radiofosforo sotto forma di fosfato sodico il radio elemento si concentra nell'area d'infiltrazione delle cellule leucemiche esercitandovi una radioterapia di raggi β.

Il ciclotrone, infine, permette di nutrire fondate speranze di poter intraprendere una lotta vittoriosa contro i tumori.

Già gli esperimenti di Stone dimostrano che i neutroni distruggono più facilmente i tessuti neoplastici che quelli normali.

Ma suggestivi sono in ispecial modo le recentissime prove di Kruger il quale ha osservato che i cancri del topo immersi in una soluzione di acido borico di concentrazione non tossica, ed irradiati con neutroni lenti, possono essere uccisi con dosi di radiazioni innocue per i tessuti non a contatto con il boro.

Il fenomeno dipende dalla cattura di un neutrone lento da parte del nucleo del boro.

L'aggregato si scinde ed emette due particelle ionizzate pesanti, una particella α ed un nucleo di litio che si muovono in direzioni opposte ed attraversano quasi 7μ di tessuto.

Si ha, in altre parole, una specie di esplosione intracellulare che uccide i citoplasmi.

I risultati ottenuti nel volgere di pochi anni permettono di prevedere l'importanza che il ciclotrone assumerà in breve tempo ed i meravigliosi progressi che esso apporterà, per i fisici, al mondo nucleare e, per l'umanità intera, alla biologia ed alla clinica.

BIBLIOGRAFIA

CORBINO: « Atti della Società Italiana per il progresso delle Scienze », (1932), vol. II, pag. 7.
GENTNER: « Ergebnisse der ex. Naturwiss. », (1940), vol. 10, pagina 143.
— « Die Naturwissenschaften » (1937), 25, pag. 479.
— « Die Naturwissenschaften » (1940), 25, pag. 394.
LAWRENCE-LIVINGSTON: « Ph. Rev. » (1932), 40, pag. 19.
— e WHITE: « Ph. Rev. » (1932), 42, pag. 150.
— — (1932), 42, pag. 441.
— — (1933), 43, pag. 304.
— — (1934), 45, pag. 608.
LIVINGSTON: « Ph. Rev. » (1936), 50, pag. 425.
LAWRENCE e Collab.: « Ph. Rev. » (1936), 50, pag. 1131.
WILSON e KAMEN: « Ph. Rev. » (1938), 54, pag. 1031.
ALVAREZ e CORNOG: « Ph. Rev. » (1939), 56, pag. 379.
— — « Ph. Rev. » (1939), 56, pag. 613.
WILSON: « Ph. Rev. » (1938), 53, pag. 408.
HANLE: « Hünstliche Radioaktivität » (1939), 34.
MAZZA: « Il Saggiatore » (1940), 1, pag. 7.

Per il cambio di indirizzo inviare **Lire 6,—** unitamente alla fascetta vecchia.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Sul calcolo della reattanza nei trasformatori.

Pubblichiamo le seguenti lettere che ci sono pervenute in merito all'articolo di V. Bianchi apparso qualche tempo fa sul nostro giornale. La interessante discussione non è ancora chiusa perchè mentre andiamo in macchina ci sono pervenute dall'una e dall'altra parte nuove lettere che pubblicheremo nel prossimo numero.

Ho letto, sia pure in ritardo, ma con vivo interesse, l'articolo « Calcolo della reattanza nei trasformatori aventi avvolgimenti cilindrici concentrici con lacune, ecc. » di V. Bianchi, apparso sui numeri del 10 e del 25 maggio u. s. de « L'Elettrotecnica ». L'articolo è, a mio parere, degno della massima attenzione da parte dei costruttori e dei lettori in generale, perchè copre davvero una... lacuna che, se non erro, esisteva nella nostra letteratura tecnica.

Anche se vi saranno degli specialisti ai quali il lavoro dell'Autore non porterà forse idee, nè mezzi di calcolo assolutamente nuovi, in una materia piuttosto nota e da tempo relativamente bene controllata, pur tuttavia penso che anche essi apprezzeranno lo sforzo dell'Autore il quale ha cercato di dare forma completa e concreta al problema, giungendo a formule di pratica applicazione, valevoli per tutti i casi che si possono presentare nella tecnica dei trasformatori ad avvolgimenti concentrici, matematicamente dedotte in base ad ipotesi, che, se anche non possono apparire tutte rigorose, sono tuttavia assai attendibili.

D'altronde non semplice è il parlare di flusso disperso e quanto meno il cercare di inquadrarlo in schemi convenzionali, che si prestino ad uno sviluppo matematico di facile applicazione pratica.

Sfugge la materia di per sè stessa all'analisi, mentre è estremamente sensibile a qualsiasi modifica che si verifichi nella configurazione geometrica degli avvolgimenti.

L'Autore però dimostra, in base ai risultati di prova conseguiti, che i suoi ragionamenti conducono molto vicino al vero, con un'approssimazione più che sufficiente per gli scopi pratici; e ciò basta a giustificarli in blocco.

Mi siano adesso consentite tre brevi osservazioni:

1) *Non dunque per desiderio di discutere o di criticare in proposito ipotesi e ragionamenti dell'Autore, ma soltanto allo scopo di esporre un mio apprezzamento personale, parrebbe il concetto del flusso disperso trasversale più afferrabile e più manipolabile, qualora si considerasse questo flusso come quello manifestantesi fra parti di uno speciale avvolgimento fittizio, il quale, disposto opportunamente lungo l'avvolgimento reale presentante lacune, portasse questo avvolgimento ad avere una distribuzione uniforme di amperspire sulla sua intera lunghezza.*

In questo modo, si avrebbe la possibilità di valutare la reattanza principale con la formula classica, senza considerare l'influenza delle lacune, mentre la reattanza trasversale sarebbe ottenuta in base agli elementi ed alla configurazione geometrica dell'avvolgimento fittizio, servendosi, per esempio, della formula o delle formule che danno la reattanza in trasformatori con avvolgimenti di tipo sfalsato.

I risultati pratici, ottenuti seguendo questo criterio, non differiscono sostanzialmente, come grado di approssimazione, da quelli ottenuti dall'Autore.

2) *A pag. 139 dell'articolo, nel numero del 25 maggio, al 5° Caso, parmi che sia stato trascurato un L/2, come addendo, da ciascuno dei due membri racchiusi fra*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

parentesi quadre della formula per il calcolo della reattanza trasversale. Infatti il 5° Caso deriva dal 3° Caso, moltiplicando la formula per 2.

E poichè inoltre il 6° Caso discende dal 5°, al denominatore della formula relativa per la reattanza trasversale, mi sembra che, fatte le dovute sostituzioni e semplificazioni, debba apparire il numero 6 al posto di 12.

3) Dall'avere l'Autore offerto un mezzo assai idoneo di calcolare la reattanza di dispersione in trasformatori concentrici aventi lacune, non si dovrebbe, a mio avviso, trarre il convincimento che, in quanto esiste un modo di valutare l'influenza delle stesse agli effetti in discorso, sia da un certo lato irrilevante l'usarne o il non usarne.

A mio modesto parere, occorre invece fare molta attenzione al riguardo, nonostante che le esigenze dell'esercizio inducano spesso ad abbondare nelle prese di regolazione piuttosto che a lesinare. Del resto anche l'Autore prevede in determinate circostanze, sebbene per altre ragioni, l'impiego di avvolgimenti di regolazione in luogo di lacune.

Ecco perchè io vorrei mettere in evidenza un aspetto della nociva influenza delle lacune, al quale parmi che l'Autore non abbia dato rilievo.

Le distorsioni del flusso disperso create dalle lacune, quasi sempre si risolvono in un aumento delle perdite addizionali. Finchè tale aumento che, come è noto, va ad incidere sulle totali perdite di corto circuito, si mantiene in limiti modesti, nulla di male; ma talvolta invece, specialmente con le grandi unità e sotto particolari condizioni, esso assume valori rispettabili.

Non è da meravigliarsi se, per effetto di lacune, si arrivi talvolta a misurare in corto circuito perdite del 20 % superiori e più rispetto al valore calcolato.

Che dire poi quando queste perdite vanno a creare riscaldamenti inopinati di larghe fasce delle casse d'olio, riscaldamenti che, sia per la loro grandezza, sia per le zone in cui si manifestano, nulla hanno a che vedere con quello vero e proprio dell'olio dovuto alle totali perdite di funzionamento? Questi riscaldamenti, nella migliore delle ipotesi, creano impressioni non sempre favorevoli circa la razionalità delle macchine costruite.

È vero che talvolta si può ovviare con mezzi di fortuna consistenti di regola nell'impiego di opportuni schermi metallici, particolarmente costruiti e disposti, ai riscaldamenti localizzati delle pareti dei cassoni, ma con ciò non si riesce sempre ad eliminare l'eccesso di perdite, le quali, praticamente, si vanno a spostare dalle pareti dei cassoni agli schermi.

Onde evitare, oppure ridurre, le distorsioni del flusso disperso, o mantenere lo stesso in limiti di spazio ragionevoli o controllabili, il mezzo migliore è, sembra, ancora quello che, ove esistano lacune o diradamenti di spire su un avvolgimento (prese di regolazione, isolamenti rinforzati agli effetti di sovratensioni, ecc.), lacune o diradamenti analoghi vengano riportati sull'altro o sugli altri avvolgimenti dei trasformatori concentrici, per modo che tutti i circuiti abbiano, lungo la colonna del nucleo, a presentare possibilmente lo stesso grado di disuniformità nella distribuzione delle amperspire; e ciò punto per punto della lunghezza della colonna.

Questo però non è sempre rigorosamente possibile ottenere per le varie condizioni di funzionamento con le quali si può avere a che fare; ma uno o più compromessi all'uopo, risolvono quasi sempre soddisfacentemente il problema.

Ringrazio e con osservanza.

Milano, 16 ottobre 1944. B. CERRETELLI

*

Abbiamo comunicato la lettera dell'ing. Cerretelli al Sig. Bianchi il quale ci ha inviato la seguente risposta:

In merito alla lettera inviata alla Redazione del giornale dall'Ing. Cerretelli, devo innanzi tutto ringraziare quest'ultimo per il lusinghiero riconoscimento dell'utilità del mio articolo. Per quanto riguarda le sue osservazioni ecco in breve il mio punto di vista.

1°) L'opinione espressa dall'Ing. Cerretelli che si possa calcolare la reattanza complessiva principale con la formula classica senza considerare l'influenza delle lacune, e calcolando poi la reattanza trasversale in base agli elementi e alla configurazione geometrica dell'avvolgimento fittizio, non mi sembra esatta. Eccone in breve la ragione: Supponiamo di trovarci di fronte ad un avvolgimento presentante due lacune sulla mezzeria di ciascun lato. Introduciamo nelle due lacune due solenoidi fittizi in modo da rendere uniforme la distribuzione degli amperspire su tutte e due i lati dell'avvolgimento. Ciò facendo veniamo ad introdurre due campi trasversi sui due lati dell'avvolgimento. Ora per ipotesi dovendo questi due solenoidi rendere uniforme la distribuzione degli amperspire di ciascun lato e su tutta la loro lunghezza L ne deriva che il campo trasverso generato da ciascuno separatamente dovrà essere eguale in valore e andamento e di senso contrario al campo trasverso che si aveva prima della introduzione dei due solenoidi fittizi, ossia del campo trasverso generato dalle due lacune. Indicando con X_p la reattanza principale dell'avvolgimento senza lacune e con X_t la reattanza trasversale dovuta alla introduzione dei due solenoidi fittizi, secondo l'Ing. Cerretelli, la reattanza complessiva totale dovrebbe essere:

$$X_c = X_p + X_t$$

È facile convincersi che ciò non è esatto. Infatti, è chiaro che, se leviamo di nuovo i due solenoidi fittizi dalla posizione che gli abbiamo messi, veniamo a trovarci di fronte ad una distribuzione di flusso che è quella che effettivamente dobbiamo calcolare la reattanza. Ora, per quello che riguarda il campo trasverso, e quindi la relativa reattanza X_t, essa rimane eguale a quella dei due solenoide fittizi, dato che con l'introduzione di essi abbiamo ammesso come ipotesi eguale distribuzione degli amperspire sulla intera lunghezza dell'avvolgimento e quindi che essi generino un campo eguale e di segno contrario a quello generato separatamente dalle due lacune, mentre per il campo principale e quindi la relativa reattanza X_p, ci troviamo di fronte ad un avvolgimento cui gli amperspire sono condensati nelle due parti di avvolgimento $\frac{L-M}{2}$, e di conseguenza la sua reattanza non è più X_p, ossia la reattanza che si calcola con la formula classica, la quale è stata dedotta nell'ipotesi di distribuzione continua e costante degli amperspire sull'intera lunghezza L. Ne deriva che col vecchio metodo, che è poi quello citato dall'Ing. Cerretelli, si viene a trascurare l'effetto dell'accorciamento della linea effettiva del flusso disperso dovuto all'introduzione delle due lacune. Ora questo effetto si può trascurare quando le lacune sono piccole e si trovano su un solo lato dell'avvolgimento dato che, come si può osservare dagli esempi numerici citati nel mio articolo, la variazione della reattanza principale per l'introduzione delle lacune nell'avvolgimento è piccolo in confronto alla variazione dovuta alla creazione del campo trasverso. Questo spiegherebbe infatti la concordanza, in certi casi, fra i risultati che si ottengono con il vecchio procedimento e quelli che si ottengono col procedimento esatto, come appunto asserisce l'Ing. Cerretelli. Se le lacune sono grandi e numerose e si trovano su tutte e due i lati dell'avvolgimento l'influenza dell'accorciamento della linea effettiva del flusso disperso si fa sentire, ed il vecchio procedimento dà dei valori inferiori al vero. È appunto per questo che i tecnici tedeschi hanno introdotto la formula per calcolare la lunghezza effettiva delle linee del flusso di-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sperso longitudinale, e che lo scrivente l'ha generalizzata giungendo alla ormai nota formula generale per calcolare la reattanza principale in ogni caso.

2°) *Non è possibile far derivare il 5° caso dal 3° caso quando le due lacune sono disuguali, dato che i campi trasversi nei due casi sono differenti come andamento. Essi si equivalgono, nei riguardi della loro reattanza, quando le due lacune sono eguali fra loro. Il 6° caso deriva dal 5° ponendo nella formula per la reattanza trasversale di quest'ultimo* $M_e' = M_e'' = M_e/2$, $m' = m'' = M_e/2L = m/2$, *dato che nel 6° caso* M_e *rappresenta il valore complessivo delle due lacune eguali e localizzate ai due estremi; si ha infatti:*

$$\%\,\mathrm{IX}\,l = \frac{1}{3}\,\frac{f\cdot N^2\cdot I\cdot U_m}{V_s\cdot N_e\cdot b_e}\left\{\frac{m^2}{4}\left[\frac{M_e}{2}+\frac{L-\frac{M_e}{2}-\frac{M_e}{2}}{2}\right]+\frac{m^2}{4}\left[\frac{M_e}{2}+\frac{L-\frac{M_e}{2}-\frac{M_e}{2}}{2}\right]\right\}10^{-6}$$

$$= \frac{1}{12}\cdot\frac{f\cdot N^2\cdot I\cdot U_m}{V_s\cdot N_e\cdot b_e}\left\{\frac{M_e}{2}+\frac{L-M_e}{2}+\frac{M_e}{2}+\frac{L-M_e}{2}\right\}\cdot 10^{-6}$$

$$= \frac{1}{12}\cdot\frac{f\cdot N^2\cdot I\cdot U_m\cdot L\,m^2}{V_s\cdot N_e\cdot b_e}\cdot 10^{-6};$$

che è appunto la formula del 6° caso.

3°) *Giusta l'osservazione circa l'influenza nociva delle lacune, il cui effetto si traduce in un aumento delle perdite addizionali negli avvolgimenti ed, in certi casi, in un riscaldamento localizzato in certe parti della cassa d'olio in prossimità corrispondenti alla lacuna. Bisogna però osservare che in grosse macchine si possono rilevare perdite nella cassa d'olio dell'ordine di 10 kW e anche più, anche quando non esistono lacune nell'avvolgimento, perchè la forte reattanza, la quale cresce col crescere della potenza della macchina e della tensione di esercizio, dà origine ad un forte flusso disperso che ha la tendenza a chiudersi attraverso la permeabile via della parete della cassa d'olio. Sembra, secondo la mia modesta opinione, che per ovviare in parte agli inconvenienti derivanti di tali riscaldamenti e diminuire quindi le relative perdite che ne derivano, occorra abbondare sulla distanza fra cassa ed avvolgimento anche quando le esigenze di isolamento non lo richiederebbero, sacrificando sia pure un poco di economia dell'olio di riempimento, e ridurre il più possibile lo spessore della lamiera costituente l'involucro compatibilmente con gli sforzi meccanici cui essa deve essere sottoposta. Per ovviare invece ai riscaldamenti localizzati dovuti a lacune nell'avvolgimento occorre, oltre ai due accorgimenti accennati, smistare il più possibile la zona di esclusione di spire in diversi punti della lunghezza dell'avvolgimento, compatibilmente con la difficoltà di aumentare il numero delle prese in relazione alle esigenze di isolamento e di economia per quanto riguarda anche la semplicità del commutatore. Non sembra, secondo il mio modesto parere, che, come asserisce l'Ing. Cerretelli, il formare diradamenti analoghi sul lato opposto dell'avvolgimento ed in corrispondenza alle lacune possa diminuire l'effetto nocivo delle lacune sulla cassa d'olio; questo accorgimento potrà forse ridurre le perdite addizionali nell'avvolgimento dato che viene a rendere simmetrica rispetto all'avvolgimento la distorsione del flusso disperso, ma viene ad aumentare sensibilmente il flusso disperso e quindi ad annullare in parte il beneficio. Un reale vantaggio di tale accorgimento sarebbe quello di mettere l'avvolgimento in condizione di resistere meglio agli sforzi dovuti ad eventuali corti circuiti che si verificassero in esercizio.*

Con osservanza.

Magenta, 17 novembre 1944.

Perito Elettrotecnico
V. BIANCHI

LIBRI E PUBBLICAZIONI

F. MAURO — *Industrie e Ubicazioni.* (Milano, Hoepli. Due volumi di 14 × 20 cm, rispettivamente di 562 pagine con 123 figure e di 743 pagine con 175 figure. Prezzo complessivo L. 400).

Non sempre è facile tener conto dei molteplici fattori che intervengono a far sì che un'industria, sorta in un determinato momento in un particolare luogo, trovi le migliori condizioni atte al suo sviluppo oppure no.

Lo studio di questi fattori rappresenta una scienza positiva e, senza per questo astrarre da quelli che sono gli elementi dovuti alle intuizioni personali (fondati sopratutto su una esperienza matura ed una competenza notevole), occorre por mente con grande attenzione a quelli che si possono definire come i principi basilari di questa scienza.

Specialmente nel caso nostro in cui, in seguito all'enorme programma di ricostruzione che dovremo affrontare per riportare il paese in una condizione di efficienza industriale la quale ci rimetta su un livello di produzione sufficiente per assicurare un minimo di benessere, è di fondamentale importanza che da parte degli organi di comando si faccia bando ad ogni empirismo o considerazione di natura varia, ma spesso affatto attinente al bene industriale, nel tracciare direttive e programmi di ricostruzione.

L'apporto quindi di idee e di studi circa questa nuova disciplina che, rientrando nel campo tanto vasto della organizzazione scientifica del lavoro, deve indirizzare la mente e l'opera dei dirigenti della vita economico-industriale del domani, è tanto più sentito e tanto più necessario oggi poichè, per le disgraziate condizioni della nostra guerra, si tratterà molte volte di applicarne i principî non su organismi viventi, e quindi spesso con necessità di mutilazioni dei principî stessi per ragioni di opportunismo e di adattamento, ma su industrie che dovranno sorgere di bel nuovo.

È quindi estremamente utile che i nostri tecnici e dirigenti di industria siano largamente informati sulle esperienze che sono state finora raccolte in tutto il mondo civile, sia riguardo ai successi raggiunti sia riguardo agli insuccessi lamentati. Successi e insuccessi che, analizzati e illustrati nelle loro cause essenziali e profonde, prossime e remote forniscono elementi preziosi al tecnico e all'industriale che debba affrontare il complesso problema della fondazione o del rinnovamento di una industria.

È merito dell'A. l'aver portato con la presente opera un nuovo notevole contributo allo studio ed alla conoscenza di questi problemi.

A chi si sia occupato e si interessi di problemi di organizzazione è ben noto il molteplice lavoro svolto dal Mauro in questo campo con opere notevoli per interesse e vastità di trattazione: i nuovi volumi «Industrie ed ubicazioni», sono in certo qual modo l'elaborazione e l'estensione dei precedenti lavori e, nel tempo stesso, la sintesi delle più recenti esperienze in merito.

La dimostrazione del trinomio ubicazionale fondamentale: *materie prime, collegamenti e trasporti, mercato di sbocco*, viene trattata attraverso l'analisi dello sviluppo dei più importanti fenomeni industriali, non trascurando esempi di carattere storico come quello della industria della seta in Costantinopoli nell'epoca dell'impero bizantino, e del

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sorgere della industria tessile nell'Italia settentrionale, ma con particolare attenzione prendendo in considerazione gli enormi organismi tecnici-economici dei concentramenti industriali di questi ultimi anni, specialmente nei due paesi caratteristici per queste manifestazioni: l'America del nord e l'Unione Sovietica.

Quale importanza sulla vita di una nazione abbia acquistato la capacità industriale è dimostrato dalle vicende della guerra in corso.

La trattazione svolta con una messe veramente eccezionale di dati e di notizie di ogni Paese, tolti dalla vita reale delle più varie attività industriali, le osservazioni e le deduzioni portate con la particolare incisività dell'Autore, frutto questa di una vastissima e diretta esperienza, fanno del libro un termine di confronto ed un mezzo di studio utilissimo a quanti, tecnici ed industriali, comprendano la necessità di ispirare le proprie cognizioni e la propria opera ad una visione dei problemi industriali ben superiore a quella a cui possono forse averci abituato le passate condizioni dell'industria del nostro Paese.

*

G. ALBENGA - E. PERRUCCA — *Dizionario tecnico-industriale.* (Unione Tipografica Editrice Torinese, Torino, 1944 - Due volumi di 21×31 cm, rispettivamente di 1032 pagine con 2571 fig. e 3 tavole a colori, e di 1082 pagine con 3060 figure e 6 tavole a colori - Prezzo complessivo, L. 600).

Opportuna riesce la recente ristampa di questa utile opera che ha già acquistato larga simpatia e grande diffusione negli ambienti tecnici.

Come è noto essa costituisce un *quid medium* fra il Manuale dell'ingegnere e una enciclopedia tecnico-scientifica. Il titolo di «dizionario» d'altra parte non individua esattamente il carattere dell'opera che è assai più di un semplice dizionario a cui si ricorre solamente, o quasi, per individuare il significato di una espressione o la portata di un vocabolo.

Si tratta infatti di un libro di larga e seria informazione nel vastissimo campo della tecnica; informazione che spesso assume la portata di una vera e propria monografia, sia pure compilata in forma stringata e sintetica.

La materia trattata comprende, secondo l'espressa dichiarazione degli A., tutta la materia di insegnamento dei Politecnici, degli Istituti Industriali e delle Scuole di Architettura. Ciò dà una idea della vastità e varietà degli argomenti, ma non deve ingenerare l'opinione che l'opera debba essere riservata esclusivamente agli studenti delle Scuole di ingegneria. Certamente essa può riuscire utilissima negli ambienti scolastici dove spesso il discente si trova di fronte ad una locuzione nuova o al richiamo di nozioni già apprese ma non più chiaramente ricordate, o ad accenni a discipline affini ma collaterali con quelle che egli sta apprendendo; la utilità e la convenienza di avere in questi frequenti casi una fonte sicura di informazione rapida, seria e completa, è evidente e può essere ben apprezzata da tutti gli studiosi.

Ma per queste stesse ragioni ora esposte l'opera anzichè essere limitata nel suo impiego agli ambienti scolastici, merita di essere messa a disposizione anche di qualunque professionista il quale necessariamente non può tenersi costantemente al corrente di tutti i rami della tecnica collaterali a quelli suoi specifici ed ha quindi spesso la necessità di chiarire, o rinfrancare le sue cognizioni su qualche questione particolare.

A questo compito il Dizionario Tecnico Industriale è in grado di sopperire egregiamente grazie alla serietà della sua compilazione e alla massa veramente ingente di dati e di notizie che esso raccoglie e che sono stati scelti con grande oculatezza ed opportunità in modo da costituire non già un doppione ma un complemento dei soliti manuali tecnici scaricandosi in tal modo, ad esempio, di tutto il bagaglio, utilissimo, ma ingombrante, delle tabelle numeriche e simili dati.

Garanzia della serietà dell'opera è la lunga lista di collaboratori che, accanto ai compilatori principali, hanno portato il contributo della loro competenza specifica alla trattazione dei vari argomenti. Troviamo in tale lista molti dei migliori nomi nel campo della tecnica e della Scuola italiana.

Sarebbe pedanteria e incomprensione in un'opera di tanta vastità e di tanta varietà, fermarsi a rilevare qualche leggero squilibrio nella ampiezza dedicata ai vari argomenti, tanto più che in simile valutazione troppo facilmente ciascuno può essere portato a giudicare alquanto unilateralmente.

Le numerosissime figure che illustrano il testo costituiscono un altro pregio veramente notevole del «Dizionario»; esse sono sempre scelte con buon criterio, efficaci e chiare; non sono mai introdotte, come talvolta avviene, per gonfiare il volume a guisa di orpello o, peggio, di zavorra!

Un plauso va dato alla Casa Editrice UTET che, pur tra le gravi difficoltà contingenti, ha saputo dare all'opera un aspetto formale dignitosissimo, sia per il tipo di carta, sia per la nitidezza dei caratteri, sia per l'accuratezza della composizione e della riproduzione delle figure, cosicchè si può dire che la veste tipografica è bene adeguata al valore intrinseco dell'opera.

*

A. POLETTINI: *Impianti elettrici.* V edizione. - Milano, Hoepli, 1944. - Un volume di 17×25 cm, di 736 pagine con 550 figure e 20 tavole fuori testo - Prezzo L. 200).

Il libro si presenta oggi nella sua quinta edizione e ciò dimostra come esso abbia incontrato larga diffusione negli ambienti a cui era destinato e come soddisfi allo scopo per il quale è stato concepito e compilato. Si tratta infatti, come è noto, di un trattato scritto principalmente tenendo presenti i programmi scolastici degli Istituti Industriali e destinato in modo particolare agli studenti di tali Istituti. Ne deriva, naturalmente ed opportunamente, al testo una impostazione essenzialmente didattica ed un metodo di trattazione elementare consono alla limitata preparazione fisica e matematica dei lettori a cui è destinato.

L'A. si astiene infatti per principio da trattazioni matematiche e teoriche anche là dove, come nel caso delle sovratensioni, esse avrebbero potuto trovare luogo pur in un libro di «impianti elettrici». Ma questo non costituisce un difetto del libro, data la sua destinazione; anzi l'avere eliminato gli elementi più ardui e complicati rende più facile al lettore medio la comprensione generale del testo e favorisce, per lo studente, il formarsi di idee sia pure qualitative e generali ma chiare e fondate; un successivo approfondimento delle questioni più difficili potrà agevolmente essere fatto in un secondo tempo su testi più completi.

La esposizione è quindi essenzialmente descrittiva con spiccato carattere applicativo ed è, in generale, abbastanza ampia per poter dare un complesso di cognizioni sufficiente ad un tecnico di ordine medio. Accentua il carattere applicativo del libro il rilevante numero di tabelle numeriche riportate nel testo: si tratta di oltre 50 tabelle contenenti caratteristiche di materiali e di conduttori o dati tecnici su macchine od apparecchi. Esse servono opportunamente ad orientare quantitativamente il lettore.

Numerose pure sono le figure (circa 550) che riproducono schemi, circuiti, impianti o apparecchi e macchinari completi. Esse integrano molto utilmente il testo dando una idea concreta della realtà costruttiva di ciò che viene descritto. Il libro è anche corredato da 20 tavole fuori testo che rappresentano tipi di impianti o di linee.

In questa quinta edizione l'A. ha anche riportato in due tavole alcuni schemi compilati con i nuovi segni grafici proposti dal CEI per gli schemi elettrici. È invero molto opportuno che le nuove generazioni dei tecnici vengano famigliarizzate coll'uso di tali simboli.

L'A., che dimostra di apprezzare giustamente il lavoro del CEI, riporta anche il testo di parecchie Norme, fra cui quelle sui trasformatori di misura, sui conduttori di alluminio, sui cavi in carta e in gomma, sulle linee aeree, ecc.

Rispetto alle precedenti edizioni il testo è stato in parecchi punti aggiornato e riveduto. Fra le aggiunte notiamo alcune notizie sulla verifica dei contatori, considerazioni relative alle tariffe dell'energia elettrica, ecc.

Il volume è anche corredato da una bibliografia.

Per il cambio di indirizzo inviare **L. 6,—** unitamente alla fascetta vecchia

Biblioteca nazionale centrale di Roma

DALLE RIVISTE

A. Balmas — **La inserzione delle macchine da saldare a resistenza.** (A.S.E., Bull., 17 maggio 1944, pag. 273 a 280, con 12 fig.).

Queste macchine comportano generalmente un trasformatore per abbassare la tensione a un valore di pochi V; la corrente di saldatura può raggiungere valori assai elevati, talvolta superiori a 50 000 A. I diversi valori che caratterizzano una macchina da saldatura sono: la potenza richiesta, il fattore di potenza, l'energia assorbita.

Dato il diagramma di carico di queste macchine, che comporta una potenza elevata e di corta durata, spesso non è possibile inserire su certi punti della rete le saldatrici perchè porterebbero, ad esempio, oscillazioni insopportabili negli impianti di illuminazione. Una variazione di tensione di lunga durata del 1,5 % non è nociva, ma una variazione che si ripeta da 8 a 12 volte al secondo è inammissibile appena sorpassa il 0,5 %. D'altra parte la caduta di tensione che si verifica nella rete può rendere impossibile una buona saldatura perchè la potenza di saldatura diminuisce col quadrato della tensione.

Si vede dunque come la inserzione delle macchine da saldare presenti talvolta delle difficoltà.

La potenza assorbita da una macchina da saldare dipende dall'impedenza del circuito secondario, la quale è determinata soprattutto da due fattori: la superficie abbracciata dai bracci portaelettrodi e il materiale che si salda. Questi due fattori non possono essere modificati con artifici costruttivi.

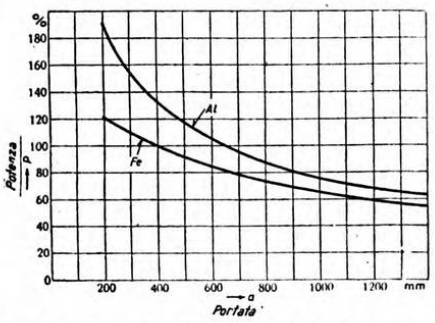


Fig. 1. — Potenza assorbita dalla macchina in funzione della portata dei bracci.

Al = lamiere di alluminio; *Fe* = lamiere di ferro.

Escludendo dalle nostre considerazioni le macchine da saldare a pressione nelle quali la caduta induttiva di tensione nel circuito secondario varia assai poco e dipende esclusivamente dalla costruzione della macchina, per le altre macchine è indispensabile costruirle in modo che i bracci portaelettrodi abbiano una portata variabile in modo da adattare la macchina alle dimensioni dei pezzi che si saldano. Come si vede dalla fig. 1, la potenza richiesta varia in misura tale che certe saldature le quali a prima vista sembrano inattuabili con una certa macchina (troppo debole per la portata normale dei bracci), possono venire effettuate riducendo, qualora la dimensione dei pezzi lo permetta, la lunghezza dei bracci stessi. Tale riduzione produce un forte aumento della potenza assorbita con conseguente forte colpo di corrente nella rete di alimentazione.

La fig. 2 mette in evidenza la influenza della forma dei pezzi e fa vedere, ad esempio, che la corrente può variare del 35 % quando si introducono fra gli elettrodi lamiere di ferro di 10 mm e di una lunghezza totale di 500 mm. Tale diminuzione costringe il saldatore ad aumentare la potenza della macchina per mezzo del dispositivo di regolazione della corrente.

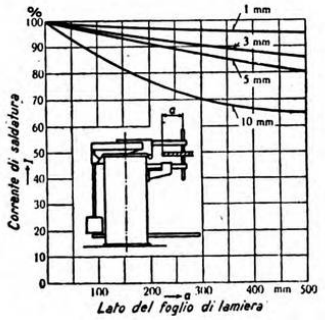


Fig. 2. — Corrente di saldatura in funzione dello spessore di ferro fra i bracci degli elettrodi.

I diagrammi di fig. 3 dimostrano la influenza della qualità del materiale sul funzionamento della saldatrice, a parità di scartamento e portata dei bracci, della tensione secondaria e dello spessore da saldare: per la saldatura del ferro la macchina assorbe 43,6 kVA con $\cos\varphi = 0{,}78$, mentre per saldare alluminio assorbe 59 kVA con $\cos\varphi = 0{,}515$; la corrente di saldatura è nel primo caso di 10 900 A, e nel secondo, di 14 700 A.

Queste forti variazioni rendono assai difficile la determinazione della potenza nominale della macchina. È importante che si arrivi in proposito a una normalizzazione. Si potrebbe riferirsi a una certa percentuale (50 o 60 %) della potenza che la macchina può assorbire nel caso più

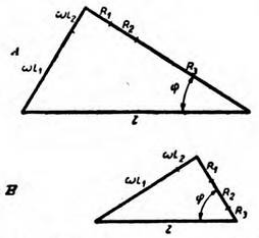


Fig. 3. — Influenza della qualità del metallo da saldare sulla impedenza della macchina a saldare per punti.

Portata dei bracci 400 mm; scartamento dei bracci 360 mm; tensione a vuoto 4 V.

L_1 = reattanza del circuito secondario; L_2 = reattanza del trasformatore; R_1 = resistenza dei bracci; R_2 = resistenza ohmica del trasformatore; R_3 = resistenza del pezzo da saldare; Z = impedenza.

Diagramma A: saldatura di due lamiere di ferro da 1 mm di spessore ciascuna. Impedenza $3{,}67 \times 10^{-4}$ ohm; corrente di saldatura 10900 A; potenza assorbita 43,6 kVA; $\cos\varphi = 0{,}78$.

Diagramma B: saldatura di due fogli di alluminio da 1 mm di spess. ciascuno. Impedenza $2{,}72 \times 10^{-4}$ ohm; corrente di saldatura 14700 A; potenza assorbita 59 kVA; $\cos\varphi = 0{,}515$.

sfavorevole (saldatura di un certo spessore di alluminio, con portata minima dei bracci). Oppure riferirsi alla potenza con fattore di potenza di 100 %, cioè basarsi sulla massima corrente che la macchina può erogare in modo continuo senza superare i limiti di riscaldamento prescritti. Comunque si proceda è utilissimo che si arrivi ad un chiaro accordo, utile sia per l'acquirente della macchina; sia per l'esercente della rete a cui essa è destinata.

In fig. 4 è rappresentato l'andamento del fattore di potenza in funzione della portata dei bracci, per la saldatura del ferro e dell'alluminio; esso dipende però anche assai dalla costruzione del trasformatore e della saldatrice. Ad ogni modo dalle curve riportate si nota che una

Biblioteca nazionale centrale di Roma

macchina ben costruita ha un fattore di potenza (per una portata dei bracci di 400 a 600 mm e per saldatura di ferro), da 0,7 a 0,8; essa può quindi venire inserita sulla maggior parte delle reti senza bisogno di condensatori rifasatori. Diverso è il caso se si tratta di saldature

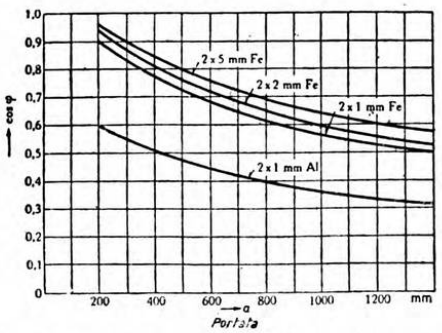


Fig. 4. — Fattore di potenza di una macchina da saldare per punti in funzione della portata dei bracci.
Scartamento normale dei bracci 360 mm.

di alluminio, perchè non soltanto aumenta la potenza, ma il fattore di potenza scende a circa 0,5, e può anche cadere a 0,2 per certe macchine speciali con grande portata di bracci per saldature di pezzi di alluminio di grandi dimensioni. A titolo di riferimento si può ritenere che una macchina da 40 kVA prevista per saldare ferro con portata dei bracci di 400 mm può saldare lo stesso spessore di alluminio quando si riduca la portata dei bracci a 200 mm, ma allora la macchina assorbe 100 kVA con basso fattore di potenza.

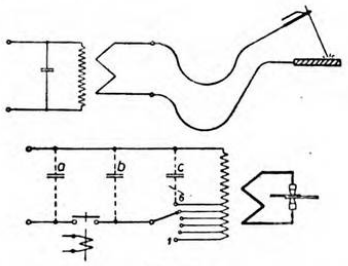


Fig. 5.
In alto: Trasformatore da saldatura ad arco con condensatore per il miglioramento del fattore di potenza.
In basso: Macchina da saldare per punti con tre possibilità di inserzione del condensatore per diminuire la caduta di tensione prodotta sulla rete.

La determinazione degli eventuali condensatori rifasatori va fatta caso per caso. È però necessario distinguere bene fra la macchina da saldare ad arco e quella a resistenza. Nelle prime, l'installazione di un condensatore non può servire che a migliorare il fattore di potenza, ma la caduta di tensione che si produce al momento dell'adescamento dell'arco non viene diminuita.

Per le macchine a resistenza, ci sono 3 possibilità di inserzione del condensatore, come è indicato in fig. 5: prima dell'interruttore automatico della macchina (figura 5 *a*), dopo tale interruttore (fig. 5 *b*), oppure fra una fase e la presa che corrisponde alla massima potenza della saldatrice (fig. 5 *c*).

La inserzione tipo a) deve essere senz'altro evitata perchè può portare alla produzione di sovratensioni, più nocive per le lampade che un abbassamento di tensione.

Il diagramma 1) di fig. 6 rappresenta le cadute di tensione ΔU_1 e ΔU_6 prodotte dalla macchina in corrispondenza della presa 1 e della presa 6, senza condensatore (il diagramma non è in scala e indica soltanto il procedimento).

Il diagramma 2) della stessa figura 6 rappresenta invece le stesse cadute di tensione quando sia inserito un condensatore la cui potenza reattiva rimane costante per tutto il campo di regolazione della saldatrice; tale modo di inserire il condensatore, se produce una diminuzione della caduta di tensione per la presa 6, rischia di provocare per la presa 1 (cioè per la potenza più piccola assorbita dalla macchina) un aumento di tensione che, se pur resta minore di quello nel caso 1), è tuttavia da evitare.

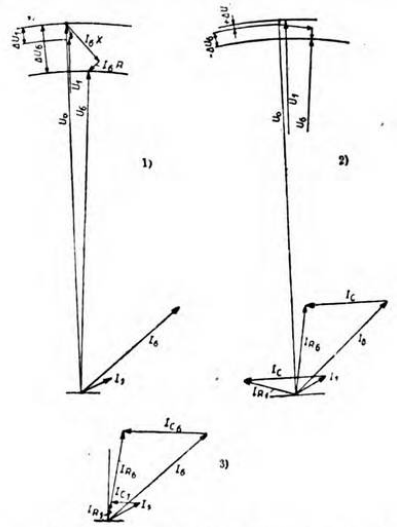


Fig. 6. — Diagramma della caduta di tensione prodotta da una saldatrice sulla rete.
U_0 = tensione della rete a vuoto; U_1, U_6 = tensione a carico; ΔU_1, ΔU_6 = caduta di tensione; I_1, I_6 = corrente del trasformatore di saldatura non compensato; I_{R_1}, I_{R_6} = corrente compensata.
(Gli indici 1 e 6 indicano il gradino di regolazione del trasformatore)

Il diagramma 3) di fig. 6 si riferisce invece alla inserzione del condensatore secondo il modo 3 *c*) di fig. 5. La potenza reattiva del condensatore varia presso a poco come la potenza della saldatrice, e quindi si ha per tutto il campo di regolazione lo stesso sfasamento fra corrente e tensione. Questo modo di inserzione del condensatore è pure molto utile quando si impiega, per una macchina da saldatura continua, un interruttore sincrono perchè in tal caso detto apparecchio non ha bisogno di essere regolato per tener conto della variazione del fattore di potenza quando si regola la potenza della saldatrice.

Da quanto detto risulta che l'inserzione di un condensatore per una macchina da saldare a punti diminuisce bensì anche la potenza reattiva assorbita ma, contrariamente a quanto avviene per il trsformatore da saldatura ad arco, esso ha soprattutto lo scopo di ridurre la caduta di tensione.

Si ritiene generalmente che un ordinario contatore non abbia il tempo di mettersi in moto per i brevissimi colpi di corrente che la macchina da saldare a punti assorbe. In realtà misure eseguite da un costruttore di contatori hanno dimostrato invece che un contatore ordinario indica dall'1 al 2 % più di energia di quella effettivamente assorbita dalla macchina.

Il debole consumo di energia delle macchine per saldatura per punti non dipende dalla impossibilità del contatore di seguire gli assorbimenti di energia ma dal diagramma di carico della macchina costituito di punte brevissime di potenza elevata; tali punte durano da un se-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

miperiodo a 150 semiperiodi, per corrente a 50 p/s. La questione della determinazione delle tariffe dell'energia per questo servizio si ricollega con la normalizzazione della potenza nominale delle macchine perchè, una volta normalizzata questa, sarà possibile stabilire regole per la determinazione della tariffa di base da applicare a un utente.

Le macchine per saldatura per punti hanno un fattore di utilizzazione che è spesso inferiore a 10 %; il tempo di saldatura varia fra 5/100 sec e qualche secondo. Un colpo di corrente di 5/100 sec e di una potenza di circa 40 kVA, tanto più tenendo conto che l'inserzione può avvenire a un punto qualunque della sinusoide di tensione, può divenire fonte di disturbi per certe reti, tanto da rendere intollerabile l'inserzione della macchina.

Alimentando una macchina per saldare per punti con un raddrizzatore a griglia polarizzata si può, facendo l'inserzione a tensione massima, ridurre i colpi di corrente; ma questi dispositivi sono cari. La fig. 7 rappresenta uno schema della B.B.C. che permette quando si inserisce a tensione nulla, di ridurre la punta di corrente, a circa due volte la corrente nominale, mentre senza tale apparecchio la punta può arrivare a circa 20 volte la corrente nominale. Secondo lo schema, la saldatrice viene inserita inizialmente su una resistenza di smorzamento che, dopo un tempo brevissimo, viene messa in corto-circuito; la macchina inoltre è inserita in modo continuo sulla rete attraverso una resistenza di eccitazione che, pur limitando la corrente assorbita a vuoto a un valore assai basso, fa sì che al momento della inserzione il trasformatore si trovi già magnetizzato.

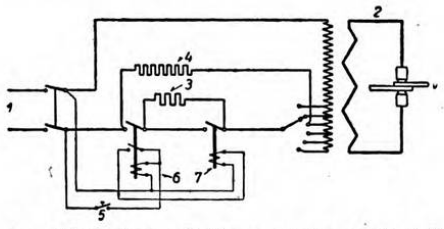


Fig. 7. — Schema di una saldatrice a punti che permette di diminuire i colpi di corrente.

1, rete; 2, saldatrice; 3, resistenza di smorzamento; 4, resistenza di eccitazione; 5, pulsante; 6-7, contattori.

Per saldatrici a punti di grande potenza si può inserire la macchina alla rete a media tensione attraverso un trasformatore di regolazione a nucleo mobile che fa anche la funzione di trasformatore abbassatore di tensione; la regolazione della potenza della saldatrice si effettua a distanza con pulsanti, ciò che permette di realizzare anche una regolazione continua entro vasti limiti. Si evitano così i disturbi che porterebbe la inserzione di una saldatrice, di potenza anche superiore a 600 kVA, su una rete a bassa tensione; è infatti evidente che una rete a media tensione (per es. fino a 17 kV) può fornire la potenza voluta assai più facilmente che una rete a 500 ed a 380 V.

La questione delle macchine da saldatura continua è risolta con un interruttore sincrono. Come si vede dalla fig. 8, usando un interruttore sincrono la punta di corrente su una rete a 500 V arriva a 970 A, mentre la corrente nominale è solo di 53 A; usando un interruttore sincrono nessuna punta supera questo valore. L'interruttore sincrono permette anche di ridurre le dimensioni dei contatti e prolunga la loro durata perchè apre all'istante del passaggio della corrente per lo zero.

Resta la questione della ripartizione del carico delle saldatrici per punti, sulle reti trifasi.

La inserzione alla tensione composta del sistema trifase carica due fasi lasciando scarica la terza; questo squilibrio è un inconveniente delle saldatrici.

La inserzione con un divisore di tensione, spesso chiamato trasformatore Scott, non presenta tanti vantaggi quanto sembra. Se la ripartizione del carico sulle tre fasi avviene in modo che una delle fasi assorba due volte più corrente che le altre due, siccome la macchina deve essere costruita per una tensione ridotta nel rapporto $\sqrt{3}/2$, ne viene che la fase più caricata della rete deve fornire una corrente più elevata, del 15 %, di quella che era fornita

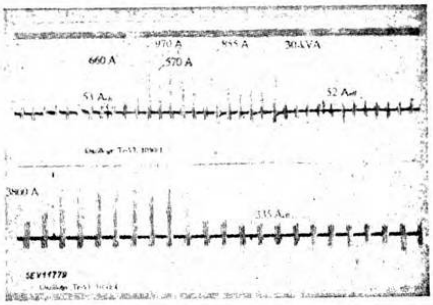


Fig. 8. — Oscillogramma di corrente primaria assorbita da una saldatrice continua da 30 kVA con e senza interruttore sincrono.

dalle altre due fasi quando la macchina era inserita sulla tensione composta; si ottiene quindi un risultato opposto a quello che ci si attendeva dall'impiego del divisore di tensione.

Quando una macchina, causa la debolezza della rete, non può essere inserita a tensione composta, si può impiegare uno schema che comprende un condensatore e una bobina di autoinduzione e che permette una ripartizione perfetta del carico monofase sulla rete trifase. Lo stesso schema realizza anche una autoregolazione tale che la ripartizione, perfetta al carico nominale fissato, resta accettabile per tutto il campo di regolazione della macchina. La caduta di tensione sulle tre fasi è però la stessa che si produceva sulla fase più caricata quando si faceva l'inserzione a tensione composta della rete. *Ri.*

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche. - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI MILANO

Il giorno di giovedì 8 febbraio nel salone sociale di via S. Paolo 10, il socio dott. ing. **Antonio Salmoiraghi,** del Tecnomasio italiano Brown Boveri, ha tenuto l'annunciata comunicazione sul tema: **Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori.**

Presentato con cordiali parole dal Presidente, ing. Faletti, il Conferenziere ha passato in rassegna, classificandole in tre diverse categorie, le protezioni necessarie per il macchinario elettrico ed ha poi esaminato per ciascuna di dette categorie la relativa realizzazione pratica. Al termine dell'esposizione, che verrà integralmente riportata su queste pagine, il Presidente ringrazia l'ing. Salmoiraghi per la bella ed interessante comunicazione e ringrazia pure il Tecnomasio italiano Brown Boveri, che ha consentito di portare a conoscenza dei soci dell'A.E.I. le ultime novità nel campo della protezione delle macchine. Riguardo al principio dell'immagine termica il Presidente chiede al

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Conferenziere più esplicita conferma, se le caratteristiche dei relè termici sposano effettivamente quelle di riscaldamento delle macchine. Il Conferenziere risponde affermativamente; si tratta, egli aggiunge, di relè con costante di tempo aggiustabile per ogni oggetto protetto. In realtà però basta che le due curve siano coincidenti con buona approssimazione, basta cioè che la costante di tempo del relè sia dell'ordine di grandezza di quella dell'oggetto protetto. Ciò è senz'altro sufficiente, tanto più se si pensa che si sono ottenuti a suo tempo risultati discreti già con relè termici a costante di tempo di solo qualche minuto contro costanti di tempo delle macchine di qualche decina di minuti primi. A rigore poi la costante di tempo di una macchina è diversa se la macchina è funzionante o se è ferma e quindi una ricerca di maggior precisione può essere in alcuni casi illusoria. La temperatura raggiunta dal relè non è necessario che sia eguale a quella dell'oggetto, ma è sufficiente che le due temperature siano proporzionali in ogni istante.

Il Presidente ringrazia delle spiegazioni e conclude che tali relè sono molto indicati per sostituire gli attuali normali relè di massima per la protezione delle macchine, i quali sono quanto mai irrazionali e, con le usuali tarature, non proteggono la macchina dai sovraccarichi bassi ma prolungati, nè d'altro lato consentono di sfruttare completamente le possibilità termiche della macchina stessa. Per quanto riguarda la protezione contro i contatti a terra, il Presidente osserva che il caso di alternatori allacciati direttamente alle sbarre si va facendo sempre più raro; chiede se nel caso di alternatori non metallicamente in parallelo, per ottenere un'alta sensibilità, i dispositivi siano ancora molto complicati, come nel caso degli alternatori direttamente sulle sbarre.

Il Conferenziere risponde che, purchè si provveda ad eliminare l'influenza della terza armonica, si può proteggere il 99 % degli avvolgimenti semplicemente con un relè sufficientemente sensibile, senza ulteriori accorgimenti complicati. Il Presidente, passando poi all'esame dei dispositivi di diseccitazione rapida, osserva che il secondo dei tre schemi proiettati è il dispositivo Santuari. Osserva che tale dispositivo, nelle centrali di sua conoscenza, ha dato risultati ottimi, mentre il terzo schema (a controeccitazione mediante l'eccitatrice ausiliaria) richiede un intervento particolare per evitare che la macchina ritorni a eccitarsi una volta che la sua tensione si è annullata. Ritiene quindi che il secondo schema sia il migliore. Chiede all'ing. Santuari, che è presente, se esso è ancora coperto da brevetti, al che l'ingegnere risponde che esso è libero.

Il Presidente sottolinea l'opportunità di chiamare il secondo dei due sistemi *sistema Santuari*, perchè esso è effettivamente quello ideato e realizzato dal suddetto ingegnere. L'ing. Pampanini chiede la parola per osservare che quando si adopera tale sistema in casi concreti si hanno ancora dopo 10 s tensioni di 3000 V; per annullare sicuramente e in breve tempo in ogni caso la tensione, compreso il suo valore residuo, è necessario passare al terzo schema (diseccitazione rapida e integrale). Tale provvedimento fu già adottato in grandi centrali dove, per disposizioni contrattuali, si era obbligati ad andare sicuramente a zero con la tensione di macchina in brevissimo tempo.

Nessun altro desiderando la parola, il Presidente dichiara chiusa la seduta e si complimenta col Conferenziere per la sua interessante comunicazione, mentre i presenti applaudono vivamente.

NECROLOGIO

L'ingegnere

ATTILIO GRONDA

dopo una vita intensamente vissuta è morto a Milano Bruzzano la sera del 29 ottobre 1944, in seguito a brevissima malattia.

Nacque a Pavia il 5 agosto 1881.

Conseguito il diploma presso l'Istituto Tecnico otteneva per i Suoi meriti la ammissione al Collegio Ghisleri che gli permetteva di raggiungere brillantemente nel 1906 la laurea di ingegneria nel Politecnico di Milano. L'intelligenza acuta e profonda che da studente Lo aveva fatto conoscere ai suoi maestri gli valse, subito dopo la laurea, la collaborazione all'attività di Giacinto Motta nello studio e nella esecuzione degli impianti idroelettrici della Valtellina; qui per la sua instancabile attività e la profondità di vedute fu apprezzatissimo collaboratore unitamente a quel gruppo di giovani ingegneri che, arditamente, allora risolsero le prime difficoltà costruttive e di esercizio dei grandi impianti idroelettrici. La successiva sua attività fu dedicata all'organizzazione tecnica ed all'esercizio delle reti di distribuzione di energia elettrica che, facenti capo alle centrali della Valle Camonica, si estendevano, fin d'allora fra le più vaste esistenti, al cuore dell'Emilia.

Notevole contributo personale diede in quel periodo prima alla Soc. Bresciana, poi come direttore all'Emiliana per la soluzione dei problemi inerenti alla protezione degli impianti. In particolare si occupò del coordinamento del funzionamento degli interruttori automatici sulle linee di distribuzione e dell'approfondimento teorico sperimentale delle norme per il calcolo meccanico delle linee elettriche aeree.

Nel 1920 lasciò l'attività d'esercizio per dedicarsi, dopo brevissima permanenza presso la Pirelli, alla creazione di una sua azienda, specializzata nella produzione di fili smaltati e conduttori elettrici per avvolgimento, che portò a serio sviluppo colla sua profondità di analisi tecnica e col suo personale severo lavoro, fino agli ultimi giorni della sua vita.

Non gli mancarono le attestazioni di deferenza che per la sua profonda onestà ora lo rammentano a quanti lo conobbero.

Molto lo fiaccarono le ultime sciagure che colpirono la nostra Patria cui sempre, dal suo posto di lavoro, dedicò animo e mente con la rettitudine di intenti e di azioni che distinguono gli uomini retti e liberi di pensiero.

Fu autore di pregevoli articoli tecnici che furono base di sviluppo a notevoli applicazioni.

Era socio vitalizio della Sezione di Milano dell'*A.E.I.*, che ne partecipa con dolore la perdita.

*

Il 17 gennaio 1945 è deceduto a Camogli, dove si era ritirato da molti anni,

l'Ing. GIUSEPPE AMMIRATO

L'Ing. Giuseppe Ammirato apparteneva all'A.E.I. fin dal 1898, ricoperse diverse cariche nell'Associazione e fu Presidente della Sezione di Genova nel triennio 1918-1920.

L'Ing. Ammirato nato nel 1866 si era laureato brillantemente a Torino nel 1894.

Fu ingegnere presso l'Acquedotto De Ferrari Galliera, dove si occupò dell'utilizzazione delle forze idrauliche di questa Società, passò poi alla Società Ligure di Elettricità di cui fu Direttore per molti anni, interessandosi della distribuzione dell'energia elettrica in Liguria.

Nel 1931 fu chiamato a Parigi dove rimase per molti anni interessandosi di varie attività industriali.

Molte importanti Associazioni, a differenza dell'A E I, chiedono ai loro Soci il pagamento della quota annuale nell'autunno dell'anno precedente. Eseguire prontamente il versamento della quota vuol dire facilitare tutto il funzionamento amministrativo dell'Associazione

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione [illegible]

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 9 D

Apparecchi e dispositivi di manovra, protezione, ecc. – Applicazioni agricole – Applicazioni varie – Condutture – Elettrochimica ed elettrometallurgia – Elettrotecnica generale – Idraulica – Impianti – Macchine a collettore – Misure – Motori primi – Trasformatori – Trasmissione e distribuzione – Trazione e distribuzione – Varie.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, ECC.

K. Widmer — **Sezionatori in alluminio per elevate intensità.** (Bollettino Oerlikon, luglio-agosto 1943, pagina 1559 a 1560, con 2 fig.). 3 b

La normale costruzione di sezionatori per conduttori ad elevata intensità, specie nelle installazioni a bassa tensione, consiste nel ricorrere ad un gruppo di coltelli montati in parallelo che vengono fissati nella posizione di chiusura del circuito. I coltelli, formati da lamelle introdotti nel manicotto della parte fissa, sono compressi con le sbarre del conduttore mediante: la manovra esige quindi tre operazioni distinte. La necessità di intensità sempre più elevate e la mancanza di rame, hanno indotto allo studio di un nuovo tipo di sezionatore, per intensità da 4 000 a 10 000 A, in alluminio. La realizzazione ha condotto ad un tipo che richiede una sola operazione, e che realizza un contatto molto compatto. Per la manovra si utilizza una sola leva che agisce da una parte sull'asta filettata di serraggio, e dall'altra sulle piastre di serraggio; l'operazione inversa, dopo la manovra della leva, avviene automaticamente. Accoppiando i meccanismi di tre sezionatori unipolari, si costituisce il sezionatore tripolare, manovrabile con una sola leva. Nell'intento di assicurare un contatto duraturo, insensibile ai fenomeni di ossidazione, le superficie di contatto stesso sono guarnite di placcatura in argento, secondo un processo brevettato. Le prove su un sezionatore da 5 000 A hanno mostrato che con corrente continua la caduta di tensione è di 3,5 millivolt per pezzo di contatto, e di 24 millivolt fra i pezzi fissi di raccordo, ciò che corrisponde ad una perdita di potenza di 120 W; nessuna parte del sezionatore ha inoltre raggiunto temperature anormali. *E. Rb.*

APPLICAZIONI AGRICOLE.

E. Köster — **Apparecchiatura per le trebbiatrici.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1943, pag. 99 a 102, con 8 fig.). 4

L'A. descrive un carro motore costruito per azionare le trebbiatrici elettricamente allo scopo di risparmiare combustibile liquido tralasciando i motori a combustione interna generalmente usati prima in Germania. Il carro è di costruzione assai semplice; montato su ruote gommate, non è in altro modo molleggiato. Esso può essere rimorchiato alla stessa velocità della trebbiatrice su strade ordinarie senza che l'equipaggiamento elettrico ne abbia a soffrire. La struttura del carro è molto semplice e la sua costruzione non richiede alcuna speciale abilità, e può essere affidata a qualunque artigiano. La lunghezza totale è di 2500 mm, e la larghezza di 1100 mm. Esso è diviso in 4 spazi. Quello anteriore contiene il rullo su cui è avvolto il cavo elettrico di collegamento per l'alimentazione di energia, nonchè l'apparecchiatura necessaria per la presa da una linea aerea; le dimensioni di tale spazio sono di 850 × 1100 mm; l'estremità interna del cavo, isolato in gomma, mette capo a una presa di corrente esterna al tamburo e che permette il collegamento col motore mediante un piccolo tronco di conduttore volante. Un secondo spazio, di 800 × 650 × 1000 mm contiene gli utensili indispensabili per la manutenzione, riparazione, ecc. In un piccolo spazio affiancato a questo, di 260 × 650 × 1000 mm sono installati i contatori di energia: essi sono montati in una cassetta di protezione con finestra di vetro che permette la lettura senza aprire la cassetta, sono sospesi in modo elastico per proteggerli contro le vibrazioni e le scosse durante il trasporto e il servizio. In uno spazio posteriore, di 100 × 1100 × 1000 mm è installato il motore di comando e l'interruttore principale. La messa in funzione del carro avviene mediante l'impiego di una speciale presa di corrente da attaccare ad una linea aerea; sul collegamento sono disposte le valvole fusibili, un interruttore di sicurezza e una presa di corrente per la testa del cavo; il tutto è contenuto in una cassetta di legno che può facilmente essere appesa in qualunque posto; il cavo entra dal fondo di essa e si collega alla presa di corrente. La presa di terra per l'interruttore di sicurezza consiste in un ferro tondo con estremità appuntita lungo 1200 mm e di 3/4" di diametro e con un morsetto a vite per il conduttore di collegamento. Vi sono in servizio parecchi di tali carri i quali funzionano in modo completamente sicuro e tranquillo. È consigliato installare anche un piccolo trasformatore 380/24 V per provvedere alla illuminazione del carro che può essere utile per effettuare riparazioni sul carro o sulla trebbiatrice o in altri casi. L'A. riporta anche alcune norme e raccomandazioni di esercizio per l'uso di tali carri, specialmente nei riguardi della sequenza delle operazioni da compiere per l'avviamento e l'arresto del motore. *Ri.*

APPLICAZIONI VARIE.

H. Döring - H. Hess — **Una nuova macchina fresatrice a portale per lavorare incastellature di locomotive.** (Siemens Zeit., gennaio-giugno 1944, pag. 5 a 10, con 6 fig.). 6 c

La macchina di cui si tratta, progettata e costruita durante la guerra, è destinata alla lavorazione di incastellature di locomotive e permette di eseguire non soltanto lavorazioni di fresatura ma di foratura o stozzatura, con combinazioni variabili o anche secondo curve. Le esigenze complesse riguardanti le variazioni di numero di giri e di velocità di avanzamento poterono essere soddisfatte mediante l'adozione di gruppi Leonard. Il comando Leonard permette, con un campo di regolazione fra 160 e 1000 giri/m di comandare le tre principali lavorazioni (come fresa, trapano e stozzatrice) col medesimo motore, realizzando anche il movimento alternativo dell'utensile stozzatore; il rendimento rimane buono in tutte le condizioni di lavoro; la trasformazione da corrente alternata in continua offre anche la possibilità, coll'inserzione sulla tensione di eccitazione, di avere un motore a corrente continua regolabile anche per l'avanzamento. Il comando elettrico permette una regolazione assai fine e una grande precisione di lavorazione. Il servizio manuale della macchina risulta molto semplice; i comandi si effettuano con semplici pulsanti. Un complesso di dispositivi di blocco impedisce false manovre. I pezzi da lavorare vengono accumulati l'uno su l'altro fino a una altezza di 400 mm, fissati e lavorati tutti insieme. Si possono disporre due o più portali uno di seguito all'altro in modo da eseguire contemporaneamente molte lavorazioni su pezzi lunghi; una grande fabbrica di locomotive ha in servizio una macchina a 6 portali su una lunghezza complessiva di 43 m, che permette la lavorazione contemporanea di due pacchi di pezzi di incastellature. La macchina ha un bancale mobile longitudinalmente, per lo spostamento dei pezzi. La macchina è comandata dalla grande slitta portautensili mobile sulla trave orizzontale del por-

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tale. Il comando della fresa è fatto con un gruppo Leonard regolabile nel rapporto 1 : 6,25; nel campo fra 500 e 1000 giri/min assorbe 22 kW e proporzionalmente meno sotto 500 giri/min; il mandrino porta-fresa ha due campi di velocità: fra 8 e 50 e fra 35 e 220 giri/min; il primo per fresare, il secondo per forare. Per la lavorazione di stozzatura serve lo stesso motore, mediante inversione di una leva, attraverso alcuni contralberi e ingranaggi. Le 3 macchine costituenti il gruppo Leonard sono montate sulla stessa travata e sono facilmente ispezionabili e ventilate attraverso appositi canali. Il movimento di avanzamento è ottenuto con un motore a velocità regolabile fra 900 e 2400 giri/min e può essere utilizzato, con movimento di opportuna base, per comandare spostamenti longitudinali o trasversali delle slitte o anche per movimenti verticali assiali del mandrino porta punte del trapano. La ventilazione dei motori di comando è ottenuta mediante gruppo motore-ventilatore montato anch'esso sulla traversa porta utensili. Per la messa a punto rapida è predisposto uno speciale motore allo scopo di poter ridurre al minimo la massa volano del motore principale che va inserito frequentemente. La fresatura di superfici curve è ottenuta lasciando inserito lo spostamento longitudinale e inserendo periodicamente con frequenza opportuna lo spostamento trasversale; per ottenere una sufficiente frequenza di inserzioni si è adottato un accoppiamento magnetico commutabile comandato da un motorino a poli variabili con 700/1430/2800 giri/min. Spesso avviene che si debbano eseguire fino a 900 inserzioni all'ora. Per il raffreddamento e la lubrificazione è installata una elettropompa. L'A. riporta lo schema dei circuiti elettrici. La macchina è alimentata a corrente alternata; i motori minori (pompa, spostamento rapido, comando del convertitore, ecc.) sono del tipo in corto circuito e alimentati direttamente; gli altri, come si è detto, sono a corrente continua alimentati con gruppo Leonard. Le cose sono disposte in modo che il motore del ventilatore venga sempre inserito prima dei motori principali. I comandi sono eseguiti con pulsante. *N.*

CONDUTTURE.

E. Grünwald — **La resistenza di conduttori di acciaio alla corrente alternata.** (E. Wirtschaft, gennaio 1943, pag. 7 a 9, con 4 fig.). 9 f

La resistività del ferro è molto superiore a quella del rame e dell'alluminio, essendo in media di 120 e 220 ohm mm²/km, misurata a corrente continua a 20 °C. Con corrente alternata, in causa delle proprietà magnetiche del ferro, si deve contare su un aumento non trascurabile della resistenza e anche su forti induttanze dei conduttori. Le proprietà elettriche e magnetiche dei conduttori di acciaio dipendono oltrechè dalla qualità del materiale, anche dalle dimensioni dei conduttori stessi. L'elevazione di resistenza dei conduttori di acciaio alle correnti alternate dipendono dalla frequenza e dalla densità di corrente. L'A. riferisce su ricerche sperimentali eseguite alla frequenza di 50 p/s, a temperatura ambiente di 20 °C. Le misure furono eseguite su una serie di conduttori di tipo normale in filo o corda di acciaio di tre qualità di acciaio rispettivamente con resistenza di 40 a 50 kg/mm², di 70 a 90 e di 120 a 130 kg/mm². Si trattava di fili di diametro di 2-3,2-4 mm e di corde di vario diametro a uno e due strati formate con fili da 2 a 3 mm di diametro. La resistenza a corrente alternata fu misurata con un ponte a corrente alternata schermata; come strumento di zero serviva un galvanometro a vibrazione che risponde solo alla frequenza fondamentale e permette anche una determinazione abbastanza approssimata delle resistenze induttive. Come induttanza campione nel ponte serviva una bobina a nucleo in aria, da un henry. L'A. illustra lo schema del circuito di misura impiegato e ne espone brevemente la teoria. In alcuni diagrammi sono riportati i risultati delle misure e cioè l'andamento rilevato delle resistività in funzione della densità di corrente per conduttori di vario tipo. Tali curve si riferiscono a temperatura ambiente di 20 °C, con riscaldamento naturale dei conduttori sotto la corrente di carico. In altro diagramma sono riportati invece i valori della induttanza, sempre in funzione della densità di corrente, per una distanza di un metro fra i conduttori. Siccome tale resistenza induttiva si compone di una parte dovuta al campo nell'aria fra i conduttori e di una parte dovuta al campo magnetico nell'interno dei conduttori stessi, e questa seconda parte è grandemente preponderante, si può con sufficiente approssimazione ritenere gli stessi valori anche per distanziamenti alquanto diversi. L'A. riporta ad ogni modo una formula per il calcolo esatto della induttanza a qualunque distanza quando si conosca quella ad un metro. La influenza della permeabilità dell'acciaio, per piccole densità di corrente, si palesa evidente sia per la resistenza effettiva sia per quella induttiva. Infatti un gruppo di conduttori composti di materiale molto dolce presenta, già per densità di 1,2 A/mm², un aumento assai forte della resistenza a corrente alternata in confronto a quello a corrente continua; tale materiale è quindi poco adatto per costruire linee elettriche. Il secondo gruppo di materiali (alta resistenza meccanica) presenta variazioni relativamente modeste ma ha già resistenza assai elevata anche a corrente continua e quindi è esso pure poco adatto. Più opportuni si presentano materiali di media resistenza meccanica (70 a 80 kg/mm²) che presentano una variazione minore degli altri. Anche il diametro dei singoli conduttori si è dimostrato di grande importanza; non è consigliabile usare fili di diametro superiore a 2 a 3 mm. Sono riportate alcune curve di valori massimi che possono servire per il progetto di linee in conduttori di acciaio. *Ri.*

ELETTROCHIMICA ED ELETTROMETALLURGIA.

O. Scarpa — **Pile con forza elettromotrice apparentemente minore della teorica.** (L'En. Elettr., novembre-dicembre 1944, pag. 269 a 271, con 1 fig.). 13

L'A. richiama la formula di Gibbs e Helmholtz, per il calcolo della forza elettromotrice delle pile, la quale, essendo fondata sui principi della termodinamica ha una validità inoppugnabile. In un precedente articolo ha esaminato il caso di alcuni tipi di pile che danno apparentemente una forza elettromotrice maggiore di quella che risulterebbe dalla applicazione della formula citata (vedi *L'Elettrotecnica*, gennaio 1945, pag. 2 D); ora esamina invece il caso di altri tipi di pile per le quali la forza elettromotrice risulta minore di quella data dalla formula stessa. Fra queste pile hanno particolare interesse quelle depolarizzate mediante ossigeno atmosferico (pile Féry e derivate) le quali possiedono anodi di carbone (detti di carbone attivo) dotato di enorme porosità; l'elettrodo negativo è di zinco e l'elettrolita è costituito da soluzioni di cloruro di ammonio, o cloruro di sodio, o di idrato sodico. L'A. presenta il calcolo dello sviluppo di calore corrispondente alla reazione chimica complessiva che si compie nelle varie pile ora ricordate e ne deduce i valori teorici della forza elettromotrice. Nelle pile al cloruro di ammonio la forza elettromotrice teorica risulta di 2,33 V (a 18 °C) mentre il valore medio misurato è di 1,25 a 1,55 V; per le pile al cloruro di sodio il valore teorico sarebbe di 2,22 V mentre quello medio misurato risulta di circa 1,21 V; per le pile alla soda, mentre il valore teorico risulterebbe di 1,98 V, si ottengono praticamente circa 1,5 V. Tali discordanze non possono essere attribuite a errori di misura. La prima ipotesi per spiegare tali discordanze è quella che esse dipendano da insufficiente capacità depolarizzante del carbone; si arriverebbe però per questa via, come l'A. dimostra, a ritenere che meno della metà dell'idrogeno scaricato sull'elettrodo di carbone attivo viene ossidato nelle pile con carbone attivo e il resto dovrebbe venire scaricato come gas; ipotesi questa che appare, per varie ragioni, non accettabile. Più plausibile sembra invece la seguente considerazione: l'ossigeno atmosferico è assorbito quasi esclusivamente dalla porzione di elettrodo sovrastante l'elettrolita ed è in questa porzione che avviene lo sviluppo di calore di adsorbimento dell'idrogeno, che forma con l'ossigeno combinazioni di adsorbimento; questa diminuzione di energia interna del sistema non può quindi contribuire al funzionamento isotermico della pila (perchè degrada totalmente in calore) e perciò le pile depolarizzate mediante ossigeno assorbito dal carbone possono usufruire, per il loro funzionamento, soltanto della energia interna posseduta quando l'ossigeno si trova allo stato di combinazione di adsorbimento con il carbone. Considerazioni quantitative, relative al calore di formazione dei composti di adsorbimento fra carbone e ossigeno, confortano l'attendibilità di questa ipotesi. Fra le pile che hanno forza elettromotrice

Biblioteca nazionale centrale di Roma

minore di quella teorica derivante dalla formula di Gibbs e Helmholtz, si può mettere anche la pila Bunsen che dovrebbe avere forza elettromotrice di 2,31 V, mentre le misure danno al massimo 2,1 V. La spiegazione sembra doversi trovare nel fatto che non tutto l'idrogeno che si scarica sull'elettrodo di carbone viene ossidato dall'acido nitrico, ma una parte sfugge allo stato gassoso, fenomeno che si accorda con quanto è noto circa il meccanismo della reazione fra idrogeno gassoso e soluzioni di acido nitrico, anche se concentrate. *Ri.*

ELETTROTECNICA GENERALE.

K. Strobel — **La macchina a corrente unipolare.** (E.u.M., 1° ottobre 1943, pag. 472 a 479, con 17 fig.). **15 a**

La macchina unipolare a corrente continua ha trovato recentemente importanti applicazioni pratiche. I precedenti insuccessi si è ritenuto fossero dovuti al fatto che si cercava di ottenere tensioni di qualche centinaio di volt che non sono opportune per questo tipo di macchina e implicano la necessità di complicazioni costruttive. Se ci si limita a tensioni che non richiedano collegamenti in serie dei conduttori di armatura in modo che bastino due anelli striscianti e si sfrutta invece la capacità della macchina di produrre forte intensità di corrente, si realizzano i grandi vantaggi di tali macchine come semplicità costruttiva e sicurezza di esercizio. Si può tentare di liberarsi dal vincolo del limite della tensione eccitando la macchina, anzichè con corrente continua, con corrente alternata in modo che anche nell'armatura si produca una corrente alternata che può poi essere elevata con un trasformatore. Si ottiene così, non una dinamo unipolare ad alta tensione, ma però almeno una macchina a corrente alternata non legata al sincronismo e specialmente si può ottenere un motore a corrente alternata con caratteristiche di funzionamento migliori delle altre macchine a corrente alternata a collettore e poli di commutazione. Tentativi fatti in questo senso non hanno finora trovato pratiche applicazioni. L'A. analizza il funzionamento di queste macchine cercando la causa di tali insuccessi. A tale scopo comincia a studiare particolareggiatamente il fenomeno dell'induzione unipolare. Il campo di una macchina unipolare ha la forma di un toro cavo la cui induzione è perfettamente simmetrica. Su questa considerazione analizza il funzionamento della macchina unipolare mettendo in evidenza come non sia possibile in alcun modo fare a meno dei contatti striscianti: tutti i tentativi fatti in proposito sono falliti. Rilevato da quali elementi dipende la tensione generata da una macchina unipolare tipica, ne scrive la espressione $E = (1/2) v_e R B_{max} 10^{-8}$ (volt), dove v_e è la velocità periferica degli anelli striscianti, R il raggio, B_{max} l'induzione. Per ottenere quindi una certa tensione E con una macchina di piccole dimensioni (R piccolo) si deve rendere più grande possibile la velocità degli anelli striscianti e la induzione nell'interno di essi. Ne segue, come norma costruttiva, che all'interno degli anelli striscianti non deve trovarsi nessun elemento non utilizzato per il campo ma invece materiale magnetico della migliore qualità possibile; evitare quindi di porre in tale regione degli intraferri come si verificava in molti modelli di macchine unipolari. Assumendo $v_e = 100$ m/s e $B_{max} = 20\,000$ gauss, la tensione è espressa (in volt) circa dallo stesso numero di R espresso in cm; con $R = 7$ cm e 13 650 giri/min si otterrebbe $E = 5$ V. Per evitare tale alto numero di giri bisogna aumentare il raggio R oppure rinunciare ad ottenere tensioni relativamente elevate, ciò che per una data potenza porta ancora ad un aumento delle dimensioni della macchina. Piccole macchine unipolari non sono perciò pratiche. Questi ed altri inconvenienti e limitazioni della macchina unipolare a corrente continua inducono l'A. a considerare se non sia preferibile attenersi alla macchina unipolare a corrente alternata. Questa deriva dalla macchina a corrente continua adottando l'eccitazione con corrente alternata, naturalmente il ferro deve essere lamellato; la tensione indotta nell'armatura ruotante è anch'essa alternata in fase con la corrente di eccitazione. L'A. esamina e discute le varie possibilità costruttive di macchine di questo tipo, specialmente nei riguardi dei problemi della commutazione e si ferma poi in particolare a considerare come realizzazione pratica più conveniente quella di un motore unipolare a repulsione; ma lo studio accurato dimostra che esso non presenta, in confronto ad altri tipi noti di macchine, vantaggi tali da consigliarne la costruzione. *N.*

IDRAULICA.

S. Kratochvil — **Misure di perdita di carico in una corta tubazione forzata per centrale idroelettrica.** (W.u.W., 15 settembre 1943, pag. 222 a 228, con 15 fig.). **18 d**

Le perdite di carico in una tubazione forzata dipendono dalla resistenza idraulica e sono in relazione con le variazioni, in valore e in direzione, della velocità di flusso che a sua volta dipende dalla sezione e dalle dimensioni, dai dispositivi di imbocco, dalla direzione e dalla scabrosità delle pareti del tubo ecc. Altre perdite di carico dipendono dal passaggio attraverso gli organi di chiusura. Le misure in questione furono eseguite su una tubazione di 2,5 m di diametro interno, che all'imbocco si raccorda con una bocca rettangolare di 3,50×3,93 m; all'estremità inferiore vi è un tronco di 2,2 m di diametro, orizzontale, nel quale è installata una valvola sferica; l'asse di tale tronco si trova a 6,20 m più basso dell'asse dell'imbocco. La massima altezza d'acqua nella camera di carico è di 15,50 m; la minima, di 9,50 m. La tubazione serve una turbina Kaplan da 19 m³/sec; il massimo salto utilizzato è di 19,60 m. L'A. ha dedotto le perdite di carico nella tubazione in modo indiretto dalle misure giornaliere di pressione idraulica alla base della tubazione, prima dell'ingresso in turbina e dalle misure di portata. In un diagramma sono riportati i risultati di 400 misure con diverso grado di apertura del regolatore della turbina; la più alta diminuzione della pressione idraulica in confronto a quella idrostatica è dell'ordine di 10 a 12 % della caduta totale. In una tabella sono riportati i valori delle cadute di pressione per aperture del distributore fra 30 e 100 % e per diversi valori del pelo liquido a monte: col crescere della pressione statica e dell'apertura del distributore aumentano le perdite, specialmente per aperture oltre il 7 %, quando intervengono velocità di oltre 4 m/sec. In un diagramma è riportato il bilancio energetico nella tubazione in corrispondenza della massima quota di pelo d'acqua a monte, con regolatore completamente aperto. La curva delle perdite in funzione della velocità presenta un gomito caratteristico in corrispondenza a circa 3,8 m/sec, oltre il quale valore l'aumento delle perdite diventa bruscamente assai più rapido. Le perdite complessive risultano distribuite per il 37 % all'imbocco della tubazione e per il 63 % lungo la tubazione stessa; queste perdite possono essere in parte eliminate con una costruzione più razionale della camera di carico e dell'imbocco e con una diminuzione della scabrosità delle pareti della tubazione. Altri dati sono forniti circa le ripercussioni, sulla potenza della turbina, della posa di successivi panconcelli nei gargami di sbarramento della camera di carico. *N.*

S. Kratochvil — **Sulla perdita di carico nelle saracinesche.** (W.u.W., 24 novembre 1943, pag. 275 a 279, con 3 figure). **18 d**

Come è noto si cerca di costruire gli organi di chiusura per le tubazioni forzate in modo che diano luogo alla minima perdita di carico possibile; interessano a questo riguardo le caratteristiche tanto dell'organo aperto quanto parzialmente chiuso. Nelle saracinesche di tipo comune ben costruite, a completa apertura dell'organo mobile la sezione libera corrisponde praticamente in modo esatto a quello della tubazione e la perdita di carico attraverso di essa è trascurabile; in certe valvole però (es. valvola Johnson, ecc.) anche a completa apertura la corrente fluida è disturbata in causa della presenza di un corpo estraneo immerso in essa. La perdita di carico si indica generalmente come il prodotto di un coefficiente ξ e dell'altezza di carico cinetica $(v^2/2g)$. Si possono considerare due valori ξ_1 e ξ_2 secondo che ci si riferisce alla velocità V corrispondente all'intera sezione della tubazione o alla sezione ridotta dalla saracinesca o dalla valvola. L'A. riporta e mette a confronto i valori dei coefficienti ξ_1 e ξ_2 per aperture parziali di saracinesche e valvole di vario tipo. Alcuni di tali valori sono stati determinati dall'A. stesso su saracinesche tipo ruotante, Johnson e a segmenti; altri da Weisbach su valvole a farfalla, a rubinetto, ecc. Le valvole Johnson pre-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sentano, anche ad apertura completa, un valore elevato di ξ_1 che è dell'ordine di 0,17 mentre per gli altri tipi di saracinesche tale valore a completa apertura è praticamente eguale a zero. I dati numerici sono riportati in tabelle e illustrati in grafici. Si mette così in evidenza che ad aperture dal 20 % fino alla chiusura totale i valori di ξ_1 e ξ_2 variano dapprima assai rapidamente e poi sempre più lentamente avvicinandosi al valore infinito. La curva dei valori corrispondenti ai tipi di saracinesche che producono uno strozzamento centrale della tubazione, come avviene nelle valvole Johnson è più bassa di quelle corrispondenti a tutti gli altri tipi d'organi di chiusura; invece la curva dei valori delle saracinesche a settori e delle valvole a rubinetto è tutta più elevata di quella degli altri tipi di organi di chiusura. Le curve dei valori di ξ_1 hanno un andamento esponenziale che, per le saracinesche di tipo comune a organo mobile o normale all'asse del tubo, può essere rappresentato dall'espressione $\xi_1 = 220 \times 2200^{(f/F)}$ dove F e f sono rispettivamente la luce libera del tubo e la sezione ridotta dalla saracinesca. *N.*

S. Gietz-Hedström — **Comportamento delle grandi dighe e impiego di cementi speciali.** (W.u.W., maggio 1943). **18 c**

L'A. riferisce intorno ad una ispezione compiuta da un gruppo di tecnici su 11 grandi opere in calcestruzzo fra cui 9 delle maggiori dighe della Svezia. Lo scopo della inchiesta era quello di constatare lo stato di conservazione di tali opere dopo un certo periodo di tempo di funzionamento. In particolare è stata data grande attenzione alla questione della presenza di fessurazioni. Esse, secondo il rapporto, possono derivare da 7 cause diverse. Fessurazioni da assestamento, si possono produrre durante la presa; nella inchiesta in questione ne è stato osservato un solo caso; si possono eliminare mediante opportuno trattamento della superficie del calcestruzzo durante la presa; il cemento Portland si comporta meglio, a questo riguardo, di quello a lenta presa. Assai più frequenti sono le fessurazioni provenienti da fenomeni di ritiro; sono superficiali, sottili ma pericolose perchè possono offrire un appiglio al gelo che le allarga e approfondisce; tutte le dighe esaminate presentavano fessurazioni di questo tipo. Anche variazioni di temperatura possono produrre fessurazioni, in dipendenza del calore di presa del calcestruzzo; sono specialmente pericolose nelle opere massicce perchè possono essere lunghe e profonde; tutte le parti massicce delle dighe esaminate ne presentavano. Altra causa di fessurazioni possono essere variazioni di volume del cemento o del materiale inerte, anche in relazione a reazioni chimiche; nelle dighe svedesi non si è riscontrato nessun caso di questo tipo. Calcestruzzi porosi possono dare luogo a fessurazioni per causa del gelo; furono riscontrati pochi casi; si possono evitare con accurata confezione del calcestruzzo. Un caso alquanto particolare può verificarsi quando in strutture sottili si anneghino massi di materiale avente coefficiente di dilatazione termica molto diverso. Le conclusioni a cui la inchiesta giunge sono favorevoli in quanto le fessurazioni riscontrate sono giudicate non pericolose per la stabilità delle dighe. Non è stato possibile riconoscere che una particolare qualità di cemento abbia un comportamento migliore di altre nei riguardi delle fessurazioni; sembra però probabile che il cemento a lenta presa dia con minor frequenza luogo a fessurazioni in confronto col cemento normale. Le fessurazioni più importanti sono quelle da variazioni termiche; seguono poi quelle dipendenti da fenomeni di assestamento e di ritiro. *Ri.*

R. Gregorig — **Sugli afflussi ai bacini idrografici con particolare riguardo a quelli alpini.** (L'En. Elettr., novembre-dicembre 1944, pag. 235 a 244, con 7 fig.). **18 a**

Per la determinazione dei deflussi da un bacino idrico bisogna anzitutto conoscere gli afflussi, consistenti nelle piogge e nelle acque di scioglimento delle nevi e dei ghiacci. Poichè non tutti gli annali idrologici specificano la forma delle precipitazioni di cui danno il valore, l'A. si è proposto di determinare una relazione che permetta di stabilire quali precipitazioni avvengano sotto forma di pioggia e quali sotto forma di neve, in dipendenza della temperatura. Il metodo di Coutogne, basato sulla curva di frequenza della temperatura, è troppo laborioso. L'A. assume che la precipitazione avvenga come neve quando la temperatura al suolo scende sotto lo zero, e che le precipitazioni siano distribuite uniformemente durante tutto il periodo che si considera (cioè che la precipitazione che si considera possa avvenire in qualunque ora del giorno). Definisce come coefficiente di nivosità il rapporto fra il valore della precipitazione caduta sotto forma di neve e quello della precipitazione totale. Esso sarà eguale al rapporto fra il tempo nel quale si hanno temperature sotto zero e il tempo complessivo. Assumendo come unità delle temperature la differenza fra la temperatura massima e la minima è possibile un confronto diretto fra i dati di diverse stazioni termometriche. Su questi principi e su lo studio dei dati di alcune stazioni, l'A. elabora tre diagrammi i quali sono valevoli per località situate intorno a latitudine nord di circa 45° e rappresentano il coefficiente di nivosità in funzione delle temperature massima e minima e delle stagioni. Un confronto svolto con dati di misura dedotti dagli « Annali del Magistero delle Acque » dimostra che il metodo proposto ha una approssimazione sufficiente per tale genere di calcoli (pur ammettendo scostamenti anche notevoli nei singoli casi) quando si considerino i valori della serie coi valori caratteristici dal punto di vista statistico. Passando poi a considerare lo scioglimento delle nevi e dei ghiacciai, osserva come le variabili che vi influiscono siano troppe per una applicazione pratica; ritiene però sufficiente per le pratiche applicazioni considerare i seguenti elementi: temperatura dell'aria; stato medio del cielo; latitudine geografica e stagione; grado di ombrosità. Esamina anzitutto il problema dello scioglimento su di un piano orizzontale senza ombre, tenendo conto dell'effetto della convezione e dell'irraggiamento: la quantità di neve sciolta in un mese (espressa in mm di acqua) risulta espressa da $s = s_i + 10\ t$, essendo t la temperatura media mensile dell'aria in °C. Il valore s_i (quantità sciolta per irraggiamento) si può dedurre da un diagramma elaborato dall'A. per i vari mesi e in funzione dello stato medio del cielo. Lo scioglimento su un piano inclinato (come si verifica in un bacino imbrifero) sarà maggiore o minore di quello ora indicato per un piano orizzontale a seconda dell'orientamento geografico e dell'inclinazione del bacino. Introduce a tale scopo un coefficiente che tiene conto dell'ombra delle montagne e ne fornisce i valori medi per parecchi tipi di bacini; con altro coefficiente tiene conto dell'ombrosità delle piante. Un esempio di confronto con dati del Magistero delle Acque dimostra una concordanza abbastanza buona. *Ri.*

F. Arredi — **Contributo al calcolo delle dighe ad arco-gravità.** (L'En. Elettr., novembre-dicembre 1944, pagina 244 a 258, con 9 fig.). **18 d**

Continuando l'articolo precedente (vedi *L'Elettrotecnica*, gennaio 1945, pag. 3 D) l'A. presenta lo svolgimento completo e dettagliato della teoria della struttura arco-mensola partendo dalla considerazione di un elemento delimitato dalle superficie di paramento, da due piani orizzontali distanti dv e da due piani verticali radiali facenti tra loro l'angolo da e tenendo conto successivamente delle varie condizioni di vincolo della mensola. Passa poi a esporre la teoria dell'arco indipendente. Dopo l'esposizione essenzialmente analitica dei fondamenti teorici del metodo di calcolo proposto, l'A. espone sistematicamente il procedimento da seguire praticamente per la applicazione di esso, presentando in una tabella riassuntiva le formule elaborate e indicando il modo di successiva applicazione. L'articolo è corredato da tabelle di alcune funzioni algebriche che entrano nei calcoli numerici da eseguire. *Ri.*

IMPIANTI.

J. Wild - W. Streuli - F. Wydler — **La fornitura di energia alle reti di distribuzione da parte delle centrali idroelettriche delle industrie.** (Cours d'eau et énergie, giugno 1944). **20 a**

In una riunione del Consorzio Linth-Limmat, avoltasi a Zurigo il 24 aprile 1944, è stato discusso il problema della possibilità di collegare le centrali idroelettriche proprie delle singole industrie alle reti generali di distribuzione, in modo che esse potessero erogare alle reti stesse il sovrappiù di energia di cui disponessero. Questo problema diventa

Biblioteca nazionale centrale di Roma

di attualità nella Svizzera per la necessità, acuita dalle condizioni contingenti, di risparmiare il più possibile il carbone utilizzando al massimo le disponibilità di risorse idroelettriche. Le autorità svizzere hanno in proposito emanato disposizioni per facilitare tali collegamenti e già un certo numero di centrali private è collegato alle reti pubbliche. Dall'esame del diagramma di carico di una piccola centrale privata industriale risulta evidente come sia specialmente in estate che si rendono disponibili quantità notevoli di energia da erogare alla rete, mentre ha poco interesse la cessione di energia soltanto nelle ore notturne e nei giorni di sabato e domenica. La questione tecnica è complicata da quella economica relativa ai prezzi che le Società distributrici possono pagare per tali quantitativi di energia; essi dipendono evidentemente dal diagramma di carico degli scambi; i prezzi potrebbero essere più alti se l'energia venisse ceduta in corrispondenza delle ore di punta di carico della rete, ma ciò avviene di rado e quindi i prezzi che le Società possono pagare devono essere necessariamente inferiori a quelli pagati a loro volta dagli utenti. Inoltre, dato che le cessioni avvengono in modo saltuario, saranno soltanto le reti aventi per proprio conto notevoli possibilità di accumulazione quelle che potranno opportunamente sfruttare tali disponibilità suppletorie di energia. Tecnicamente detti collegamenti richiedono la installazione di trasformatori presso le centrali industriali, nonchè di linee di collegamento e si presenta la questione se, in molti casi, non sia più conveniente (qualora sia possibile) che la industria cerchi di sfruttare essa stessa più completamente le proprie risorse di energia, ad esempio installando caldaie elettriche eventualmente con accumulatori di vapore o di acqua calda ecc. Il funzionamento in parallelo con le reti pubbliche implica poi la necessità di soddisfare alle particolari esigenze riguardo alla regolazione. Per sfruttare tutta la portata disponibile bisogna munire le turbine idrauliche di appositi regolatori a galleggiante. Si possono adottare generatori sincroni o asincroni; mentre i primi permettono di soddisfare alle esigenze poste da certe Società distributrici circa il fattore minimo di potenza, coi secondi bisogna ricorrere alla installazione di condensatori per rifasare. Nei riguardi della sicurezza per il servizio in parallelo l'Azienda del Cantone di Zurigo esige la installazione di un interruttore automatico con relè di massima corrente, di frequenza, e di blocco in caso di mancanza di tensione. Va ancora tenuta presente la necessità di una buona costanza della tensione, entro certi limiti che dipendono dal valore relativo della fornitura e dalla distanza degli utenti dalla sottostazione, per non influire dannosamente sulla tensione fornita dalla rete stessa ai suoi utenti. L'automatismo delle centrali idroelettriche private facilita assai il funzionamento in parallelo con le reti e garantisce una maggiore sicurezza; vi sono in Svizzera parecchi esempi di tal genere. Notevole interesse presentano anche le centrali termoelettriche industriali con ricupero di vapore che spesso possono mettere a disposizione grandi quantità di energia a condizioni buone. *Rt.*

L'impianto idroelettrico sul Rio Negro nell'Uraguai. (E.T.Z., 16 dicembre 1943, pag. 657 a 659, con 2 figure). **20 i**

La centrale situata in località Rincon del Bonete, è destinata ad alimentare di energia elettrica tutto l'Uraguai essendo capace di produrre circa 530 milioni di kWh; l'energia sarà trasmessa con due linee aeree a una cabina installata a Montevideo, in vicinanza della esistente centrale termoelettrica a vapore. A questa cabina confluiranno insieme all'energia della centrale di Rincon del Bonete anche quella delle due centrali termoelettriche di Stato, per essere poi distribuita sulla rete nazionale. Il salto utilizzabile nella centrale varia fra 16,7 e 32 m. Si sono adottate quindi turbine tipo Kaplan ad asse verticale, a 136 giri/min, con regolazione delle pale del distributore e della ruota. Questa ha un diametro di 5 m; la turbina può smaltire una portata di 160 m³/sec, con una potenza massima di 55 000 kW, di cui però in un primo tempo si utilizzeranno soltanto 33 000 kW. Ad ogni turbina è connesso un alternatore da 32 000 kVA, 50 p/s, 7 kV a cos φ da 0,8 fino a 1; coassiali colla turbina e l'alternatore vi sono l'eccitatrice principale e quella ausiliaria. È prevista la installazione di 4 unità di questo tipo. Corrispondentemente la centrale è costruita in 4 corpi separati da giunti di dilatazione e poggia su una platea di calcestruzzo armato resa necessaria dalle condizioni del sottosuolo. Gli alternatori sono a 44 poli con avvolgimenti smorzatori, previsti per una velocità di fuga di 330 giri/min; il rotore provvede un momento dinamico di 6 100 ton/m², necessario per la regolazione della turbina; per ottenere una macchina il più possibile leggera, si è scelto un diametro molto grande del rotore (7 400 mm) senza che perciò la forza centrifuga raggiungesse valori preoccupanti. Escluso il rotore, il resto della costruzione è di tipo saldato. La forte intensità di corrente corrispondente alla potenza massima del generatore ha reso necessaria una suddivisione degli avvolgimenti, ottenendo alcuni vantaggi per la protezione del generatore e del trasformatore. La eccitatrice principale, allo scopo di ottenere una piccola costante di tempo, ha il giogo laminato e poli di commutazione. Anche l'eccitatrice ausiliaria, ad eccitazione indipendente, ha poli di commutazione; inoltre essa porta delle prese che permettono di derivare una corrente trifase a bassa frequenza, di 2 A per fase, 136 V, 13,6 p/s per alimentare un motorino sincrono da 0,25 kW, per il comando del pendolo della turbina. Ogni alternatore è provvisto di raffreddamento ad aria in circuito chiuso svolgentesi entro il mantello della macchina. Tutti gli alternatori sono muniti di protezioni contro sovratensioni, sovracorrenti, sovraccarichi, cortocircuiti, e di protezione contro gli incendi con anidride carbonica. La tensione è regolata per ogni macchina con un regolatore Thomas; coll'aumentare del carico (e quindi della caduta in linea) la regolazione fa automaticamente elevare la tensione mentre la abbassa nel caso di carichi ridotti. Ogni alternatore è direttamente collegato con un trasformatore trifase 32/32/10 MVA, 7/177/6,3 kV. Lo schema è congegnato in modo che due alternatori funzionano sempre su una metà delle sbarre alimentando una linea aerea. Sul lato a 6,3 kV del trasformatore sono derivati i servizi della centrale attraverso due trasformatori da 640 kVA ciascuno. Il lato a 6,3 kV alimenta anche, attraverso altri 2 trasformatori da 10 000 kVA ciascuno, una cabina a 6,3 kV per l'alimentazione della futura rete dell'Uraguai. La cabina a 170 kV, è installata su una piattaforma immediatamente a valle della centrale. L'impianto a 170 kV è munito di bobina di spegnimento d'arco. La centrale è unita alla sottostazione di Montevideo mediante una doppia terna che presenta una carica di capacità complessiva di 34 MVA; per la compensazione sono installate nella centrale 4 bobine da 5 MVA ciascuna e nella sottostante di Montevideo altre 3 analoghe. *N.*

C. Reindl — **L'aumento di potenza di impianti idroelettrici esistenti.** (W.u.W., 24 novembre 1943, pag. 278 a 283, con 7 fig.). **20 a**

Per quanto riguarda il salto utilizzato si presenta anzitutto la possibilità di ridurre le perdite di carico nei canali, per mezzo di opportuni miglioramenti costruttivi o di manutenzione, e attraverso le griglie adottando minori velocità per l'acqua e eventualmente dispositivi automatici di pulitura di esse; sostituendo ruote Kaplan a turbine Francis si possono adottare scartamenti maggiori per le sbarre delle griglie. Nelle tubazioni forzate si verificano spesso eccessive perdite di carico per diramazioni ad angolo brusco o per gomiti bruschi. La portata massima utilizzata può, negli impianti moderni, essere scelta assai più alta che nei vecchi impianti, senza che ai bassi carichi il rendimento diventi troppo basso; ciò specialmente quando si sostituiscano turbine Kaplan ad altre esistenti, di tipo Francis, o Pelton moderne a macchine di vecchio tipo. Vengono in proposito citati alcuni esempi di impianti nei quali a tre o quattro vecchie turbine ne è stata sostituita una sola, con un rendimento non soltanto eguale ma superiore. Le Kaplan hanno un buon rendimento fino a portate di circa 30 % del normale e le Pelton anche fino a 25 %; mentre il maggior costo per turbine di potenza un po' maggiore non è molto notevole, la maggior quantità di energia producibile nell'anno ha grande importanza. La sostituzione di turbine Kaplan a preesistenti turbine richiede bensì notevoli lavori di adattamento della camera della turbina e delle opere idrauliche annesse ma permette di aumentare dal 10 al 20 % il rendimento rispetto alle migliori turbine costruite prima del 1910. Le turbine Pelton di moderna costruzione permettono, con razionale costruzione degli organi d'adduzione, di aumentare assai la portata per ogni

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ugello e quindi una semplificazione delle macchine stesse, la diminuzione del loro numero, l'aumento del numero dei giri e del rendimento. Un esempio interessante è quello di un impianto per una portata di 5 m³/s con salto di 4,40 m in cui, senza alterare nè la portata nè il salto, ma semplicemente sostituendo la esistente turbina Francis con una Kaplan si è aumentata la potenza del 14 %. Un altro esempio illustrato riguarda un impianto in cui una turbina Francis ad asse orizzontale in camera libera è stata sostituita da una ruota Kaplan a giri variabili (per ottenere un ottimo rendimento in tutte le condizioni di salto e portata fortemente variabili) che comanda il generatore elettrico con un sistema di ingranaggi a rapporto variabile; il tubo d'aspirazione a diffusore assume un andamento assiale e idraulicamente molto opportuno; la potenza è aumentata del 104 %. Nello studiare le modificazioni degli impianti bisogna ricercare tutti gli adattamenti che possono permettere di ridurre al minimo le alterazioni da apportare alle opere idrauliche, sempre costose; in un caso citato, per la sostituzione di una turbina in camera libera con salto da 0,5 a 1,50 m, si è adottata una ruota Kaplan installata all'imbocco del canale di scarico e disposta con l'asse in posizione obliqua evitando costosi lavori di adattamento della camera di carico, la turbina comanda il generatore mediante ingranaggi conici di precisione. In un altro impianto esistevano due vecchie turbine Jonval che azionavano mediante ingranaggi conici un albero di trasmissione il quale a sua volta comandava con cinghie un generatore; esse furono sostituite con due turbine Francis ad asse verticale le quali comandano l'albero orizzontale del generatore installato in mezzo ad esse; la produzione annua di energia è passata da 500 000 kWh a 900 000 kWh circa. Non sempre il progetto di modifica tecnicamente più perfetto e più potente rappresenta la soluzione più conveniente. L'A. cita in proposito il seguente caso. Un vecchio impianto conteneva 2 turbine Francis ad asse verticale per una portata complessiva di 20,6 m³/sec con un salto di 2 m e una potenza di 320 kW; le opere idrauliche, male studiate non permettevano la utilizzazione completa della portata disponibile. Con opportune modifiche alle opere idrauliche si portò il salto a 2,72 m, si installarono due nuove turbine, sfruttando una portata di 44 m³/sec e si ottenne una produzione annua di 5,73 milioni di kWh al costo unitario di 1,44 pfenning/kWh. Un altro progetto, tecnicamente migliore, avrebbe contemplato l'installazione di due turbine Kaplan per una portata di 66 m³/sec e una produzione annua di 6,66 milioni di kWh, ma il costo unitario sarebbe salito a 2,02 pf/kWh. Altri interessanti esempi vengono citati. *N.*

M. Guazzoni - G. Muneghina — **Una delle più importanti realizzazioni della C.G.E. nel campo delle centrali elettriche.** (C.G.E., giugno 1944, pag. 7 a 15, con 9 fig.). **20 i**

Viene descritta una centrale recente nell'Italia centrale che sfrutta le acque di un importante bacino mediante 4 derivazioni. Oltre alle acque fluenti, captate a quota 561 e a quota 428, la centrale dispone di due serbatoi stagionali per complessivi 411 milioni di m³ e di una terza presa a quota 400; la restituzione avviene a quota 390. La centrale, costruita a cielo libero e poi interrata, comprende due gruppi principali con turbina Francis da 31 000 kW accoppiata ad alternatore da 30 000 kVA e ad una pompa di eguale potenza per il ricupero dell'energia di supero portando l'acqua dalla presa più bassa ai serbatoi stagionali. Le turbine hanno le seguenti caratteristiche: salto variabile da 141,50 a 68,50 m; portata massima sul salto massimo, 25 m³/sec; velocità 337,5/375 giri/min. Gli alternatori sono a 10 kV, 45/50 p/s a 16 poli con momento dinamico di 1 000 000 kg m². Ogni gruppo comprende anche una eccitatrice principale da 140 kW, 220 V, coassiale; una eccitatrice secondaria; un piccolo alternatore per il comando del pendolo del regolatore. Vi sono anche due gruppi minori. Uno comprende una turbina Kaplan per 10 m di salto, 32 m³/sec, 3750 kW, 225/250 giri/min, con alternatore da 3850 kVA, 10 kV, 45/50 p/s, 12 poli. Il secondo gruppo comprende una turbina Kaplan per 32 m di salto, 11,65 m³/sec, 3800 kW, 450/500 giri/min, con alternatore da 3775 kVA, 10 kV, 45/50 p/s. Inoltre vi sono due gruppi motore-dinamo da 140 kW per i servizi e per l'eccitazione degli alternatori quando la turbina sia disinserita e essi funzionino da motori sincroni per comandare le pompe. L'energia prodotta viene convogliata all'esterno mediante una galleria di 90 m di lunghezza in cui sono collocate due terne di sbarre di alluminio da 2×10×100 mm. Dalle sbarre collettrici installate in galleria sono derivate le alimentazioni dei trasformatori da 38 000 kW installati all'aperto e le quattro alimentazioni dei servizi ausiliari, ciascuna con proprio interruttore. I gruppi principali sono collegati alle sbarre attraverso interruttori ad aria compressa da 3000 A e i gruppi minori attraverso interruttori da 1 000 A. Nella galleria è pure sistemato un impianto di produzione di aria compressa a 20 atmosfere. Le partenze dalle sbarre per i due trasformatori principali mettono capo ai due interruttori di avviamento e marcia posti a monte del trasformatore e che hanno lo scopo di permettere l'avviamento degli alternatori come motori asincroni, per il comando delle pompe, eseguendo speciali collegamenti esterni al trasformatore principale. I trasformatori sono allogati in nicchie nella montagna. La cabina all'aperto è sistemata sul terrapieno che ricopre la centrale. Essa comprende un doppio sistema di sbarre, uno dei quali sezionabile, sostenute da tralicci metallici. I separatori sono del tipo a rotazione. Gli interruttori, ad aria compressa per 150 V, 600 A, sono a poli separati con teste soffianti e sono installati su basi in cemento; per essi è stato installato un secondo impianto di produzione di aria compressa. I trasformatori, da 38 000 kVA, sono a doppio rapporto e cioè rapporto normale 10/150 kV, con commutazione (dopo disinserzione) al rapporto 10/120 kV. Tutte le manovre sono riportate nella sala quadri posta nella testata della sala macchine. L'A. descrive il complesso elettrico per un alternatore da 30 000 kVA, comprendente le protezioni dell'alternatore e del trasformatore, la protezione di massima sulla linea partente, il dispositivo di diseccitazione rapida, il regolatore di tensione, varie segnalazioni in caso di irregolarità di funzionamento. *Rt.*

Il rifacimento dell'impianto dell'Albula. (Wasser. und Energiewirtschaft, 1943, N. 7-8, pag. 75 a 77). **20 c**

L'impianto dell'Albula, entrato in servizio nel 1909, appartiene al Municipio di Zurigo. Esso era costituito da 8 gruppi generatori formati ciascuno da una turbina Francis ad asse orizzontale connessa ad un alternatore trifase da 2200 kW; vi erano due tubazioni forzate distinte, ciascuna delle quali alimentava 4 gruppi in centrale. Considerato che il macchinario, dopo un periodo di funzionamento di 34 anni, esigeva riparazioni di notevole portata e tenuto conto delle variate condizioni d'esercizio dell'impianto che deve funzionare in parallelo con gli impianti dei gruppi Waggital e Wettingen, si è deliberato di procedere ad un completo rinnovo dell'impianto dell'Albula. Esso è munito di una diga che ha due luci sotto battente capaci di smaltire (con livello alla quota normale di 825 m.s.m.) ciascuna una portata di 300 m³/sec, pari alla massima piena prevista. Per circa 200 giorni all'anno la portata del fiume è superiore a quella che l'impianto può utilizzare e la portata eccedente veniva erogata mediante la manovra delle paratoie; allo scopo di evitare la necessità di tali manovre si è eseguita una modifica consistente nella installazione di tre sifoni autolivellatori in corrispondenza degli scarichi profondi e capaci di smaltire ciascuno una portata di 25 m³/sec. Il pozzo piezometrico, di diametro di 10 m alla base e con forma a tronco di cono con base superiore di 13 m di diametro, non si presentava più sufficiente; il diametro del pozzo è stato perciò aumentato di 2,40 m. In centrale, seguendo criteri più moderni, si è provveduto a ridurre il numero dei gruppi riducendoli da 8 a 2. I nuovi gruppi sono ad asse verticale e comprendono ognuno una turbina Francis ad asse verticale, per una portata di 10 m³/sec direttamente accoppiata a un alternatore da 13 300 kW. Il valore del salto medio utilizzato è stato mantenuto al valore precedente, di 150 m. La parte terminale delle tubazioni e il raccordo ai gruppi sono stati rifatti secondo direttive più razionali; altrettanto può dirsi per i diffusori delle turbine. Con queste modificazioni si è raggiunto un aumento di 30 milioni di kWh nella produzione annua di energia dell'impianto. I lavori sono stati condotti in modo da intralciare il meno possibile il funzionamento dell'impianto, provvedendo alla sostituzione di ciascun gruppo di 4 macchine durante i periodi di magra nei quali, per una

Biblioteca nazionale centrale di Roma

durata di circa 3 mesi all'anno, la portata disponibile è inferiore a quella complessivamente assorbita da 4 macchine esistenti o da uno dei gruppi nuovi. Le modifiche si sono potute realizzare con un consumo assai limitato di materiali; anzi la sostituzione dei gruppi generatori ha permesso un notevole ricupero perchè ogni gruppo nuovo pesa complessivamente 352 tonnellate, mentre l'insieme di 4 gruppi preesistenti pesava circa 700 tonnellate. *Rí.*

C. H. Müller — **Il primo trasporto di energia a corrente trifase: Hochfelden-Oerlikon.** (Bollettino Oerlikon, marzo-aprile 1943, pag. 1529 a 1534, con 10 fig.). **20 i**

Si tratta dell'impianto risalente al 1892 per un trasporto di una potenza di circa 500 kW, ad una distanza di 25 km, con tensione di 15 kV. La nota riporta fra l'altro un suggestivo raffronto fra le macchine allora installate nella centrale di Hochfelden, e quelle sostituite oggi, dopo un cinquantennio di esercizio. Viene richiamato che si tratta dei primi alternatori trifasi del mondo eseguiti ad asse verticale, e che inoltre essi sono stati anche i primi ad essere direttamente accoppiati con le turbine idrauliche. Viene fatto un breve cenno storico delle fasi di installazione di tali macchine, e viene messo in evidenza l'aspetto quasi bizzarro di esse. Le tre turbine erano del tipo Jonval, e funzionavano col salto di 10 m assorbendo ciascuna la portata di 2,2 m³/sec. Le eccitatrici, indipendenti, erano comandate da turbine da 9 kW, pure verticali, ed erano alimentate da condotte separate di 300 mm di diametro. Gli alternatori da 150 kW erogavano 1200 A, a 100 V, 187 giri al min, 50 per/sec. I trasformatori trifasi erano con cassa in ghisa, e vengono indicati come i primi trasformatori industriali costruiti per corrente trifase, e per i quali si impiegò l'olio quale isolante. Le varie illustrazioni mostrano l'impianto nel suo assieme e nei dettagli, nonchè curve caratteristiche di funzionamento delle macchine considerate. *E. Rb.*

H. Schulthess — **Le macchine ausiliarie e gli accessori della centrale di Innertkirchen della S. A. Forces Motrices de l'Oberhasli.** (Bollettino Oerlikon, maggio-giugno 1943, pag. 1547 a 1550, con 3 fig.). **20 d**

Vengono descritte le caratteristiche dell'eccitatrice ausiliaria, di quella principale e dell'alternatore per il comando del pendolo del regolatore. Le prime due non si discostano sostanzialmente dai tipi normali. L'alternatore per il pendolo è una macchina trifase con poli formati da magneti permanenti e muniti di bobine smorzanti in caso di corto circuito: esso alimenta il motorino del regolatore della turbina. Per quanto riguarda i dispositivi di sicurezza e di protezione, si rileva che la temperatura di ogni supporto è controllata da una coppia termo-elettrica; analogamente, quattro coppie termoelettriche rivelano la temperatura dell'avvolgimento statorico, in due punti distinti, e quelle dei canali dell'aria fredda e dell'aria calda. Per tutte le altre misure di temperatura si adoperano termometri a contatto, con lettura diretta, sul posto, mentre le indicazioni delle coppie sono trasmesse al quadro. I contatti dei termostati, termometri e degli indicatori di portata agiscono su di un sistema di segnalazioni acustiche e luminose, quando sono oltrepassati i valori limiti. Relè di massima corrente e di tensione, dispositivi di protezione differenziale, indicatori di contatto a massa, ecc. agiscono all'occorrenza sull'interruttore dell'alternatore, provocandone lo scatto, assieme alla diseccitazione rapida della macchina. *E. Rb.*

W. Mörs — **Diminuzione delle perdite nei fumi negli impianti di caldaie.** (E. Wirtschaft, 20 marzo 1943, pag. 116 a 117, con 2 fig.). **20 f**

La ricerca delle cause invisibili di perdite negli impianti di caldaie permette spesso di realizzare ingenti economie di combustibile. Si può citare il caso di una fabbrica di cellulosa che aveva un impianto moderno di produzione di vapore e energia, ma trascurato nell'esercizio; con una buona istruzione del personale si è ottenuta una diminuzione del 30 % nel consumo di carbone cioè circa 18 000 tonnellate in un anno. Una delle voci più forti di perdite è costituita da quelle al camino; esse non possono venire ridotte sotto un certo valore perchè è necessario che i fumi abbiano la temperatura necessaria per il tiraggio e d'altra parte la caldaia deve funzionare con eccesso d'aria, più o meno grande, per assicurare una combustione completa. Però le perdite al camino possono venire aumentate se la temperatura dei fumi sale per causa dell'insudiciamento delle superfici della caldaia. Si dovrebbe sempre provvedere alla registrazione continua della temperatura dei fumi. Se si suppone, ad esempio che i fumi abbiano il 12 % di CO_2 ed escano a 150 °C, si può ritenere che le perdite corrispondenti siano dell'8 %; ma se la temperatura sale a 320 °C e il contenuto di CO_2 scende a 11 %, le perdite diventano del 19 %; in un impianto per 50 t/h di vapore a funzionamento continuo, si avrebbe una perdita di 540 t di carbone al mese. Si sono riscontrate caldaie in cui i fumi uscivano a 400 °C, con un contenuto di CO_2 di 7 a 8 %; il consumo di carbone era di 600 t. Dopo avere eseguito una accurata pulizia delle superfici della caldaia, e con un accurato esercizio, le perdite discesero dal 35 al 12 % e il consumo di carbone a 445 t. Le superfici della caldaia possono venire insudiciate in due modi, cioè per incrostazioni dovute a fuliggine o a ceneri sulla superficie esterna della caldaia o dell'economizzatore, oppure per formazione di incrostazioni interne nei tubi. Mentre la conduttività dell'acciaio è dell'ordine di 30 a 55 cal/mh °C, quella delle incrostazioni interne è di circa 1 a 3 e quella dei depositi esterni di fuliggine o ceneri soltanto di 1,2 a 1,6; ne segue quindi una forte diminuzione della trasmissione del calore e una elevazione della temperatura dei fumi all'uscita della caldaia. Le incrostazioni interne possono essere evitate con la depurazione preventiva dell'acqua di alimentazione. Le superfici esterne devono essere attentamente sorvegliate e mantenute pulite, mediante getti di vapore. Anche questi non bastano interamente e bisogna approfittare dei periodi di spegnimento per compiere accurate pulizie della caldaia. Si sono ottenuti buoni risultati con un sistema consistente nell'introdurre nella caldaia vapore saturato di ammoniaca la quale produce la frantumazione e il distacco dei depositi esterni sulla superficie della caldaia stessa. Dopo la pulizia, si possono coprire le superfici stesse con miscugli opportuni di grafite e olio di trementina; tale strato impedisce il successivo aderire di nuovi depositi. *Rí.*

MACCHINE A COLLETTORE.

M. Zorn — **Sovraccarico delle macchine a corrente continua fino al cortocircuito.** (E.u.M., 15 ottobre 1943, pag. 506 a 513, con 14 fig.). **25 c**

Mentre per quanto riguarda le macchine a corrente alternata il comportamento ai cortocircuiti e i fenomeni relativi sono stati largamente studiati, nel caso delle macchine a corrente continua la questione è stata assai meno considerata. Secondo l'esperienza di esercizio i cortocircuiti nelle macchine a corrente continua sono pericolosi specialmente per il commutatore e le spazzole, se i cortocircuiti non sono soppressi abbastanza rapidamente. Come è noto, per una macchina a corrente continua in derivazione la caratteristica $U = f(I)$ ha un andamento parabolico; la corrente duratura di cortocircuito $I_{K,l}$ per $U = 0$ dipende dalla tensione di rimanenza della macchina. Per le dinamo compensate la questione della corrente di cortocircuito è ancora aperta; alcuni asseriscono che non è possibile raggiungere senza pericolo la corrente di cortocircuito con $U = 0$ e che anche per le macchine eccitate in derivazione la forte corrente immediatamente dopo il cortocircuito non è senza pericolo perchè il campo magnetico esistente all'inizio scompare solo lentamente. Si trova spesso espressa l'opinione che la corrente di cortocircuito di una macchina compensata si approssima al valore $T_K = U/R$, quoziente della tensione U a vuoto, prima del cortocircuito e la resistenza R del cortocircuito stesso. La protezione può essere realizzata mediante interruttori rapidi; oscillogrammi dimostrano che in tal caso la corrente sale fino a circa 4 volte la corrente nominale, secondo una legge esponenziale funzione della costante di tempo del circuito del cortocircuito; se si forma l'arco fra i contatti che si aprono, la corrente viene interrotta in un tempo di circa 3 ms dopo la sua cuspide coll'interruzione dell'arco. L'A. espone in proposito considerazioni teoriche; da espressioni analitiche approssimate dell'induttanza o della resistenza deduce l'espressione della costante di tempo $T = L/R$ del circuito principale, che per le macchine a corrente continua risulta dell'ordine di 30 a 60 ms e traccia il diagramma dell'andamento della corrente di cortocircuito per $T = 16{,}7$ ms e per costante di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tempo dell'eccitazione infinita (nel qual caso la corrente si approssima al valore U/R) o avente valore di 0,75 s nel quale caso si arriva a valori di circa 30 volte la corrente nominale I_n. Considerazioni relative a fenomeni accessori inducono a ritenere che la punta di corrente di cortocircuito rimanga notevolmente sotto al valore U/R. Le considerazioni teoriche sono state messe al controllo sperimentale su una dinamo compensata da 700 kW, 220 V, 1200 giri/min per la quale si era calcolata, per una caduta di tensione del 4 %, una corrente massima di cortocircuito di $25I_n$, cioè 75 000 A. Chiudendo un interruttore la dinamo veniva chiusa in cortocircuito da un interruttore rapido o un fusibile e si rilevavano gli oscillogrammi dell'andamento della corrente e della tensione d'armatura e della tensione all'interruttore (o ai morsetti del fusibile); inoltre si rilevava anche il flusso d'armatura in una sottile bobina di misura che abbracciava una cava e lo spessore di ferro sottostante. Sono riportati e discussi alcuni oscillogrammi rilevati; i valori massimi della corrente di cortocircuito sono risultati notevolmente inferiori a 10 volte la corrente nominale I_n. Nei riguardi della costruzione della macchina interessa anche il valore della coppia che si produce in caso di corto circuito; esso raggiunge il suo valore massimo un po' prima del valor massimo della corrente; nelle prove fatte la coppia di cortocircuito raggiungeva un valore pari a circa 4 volte la coppia normale. Intensi sforzi si generarono in caso di cortocircuito negli avvolgimenti della macchina e specialmente in quelli dei poli ausiliari. Le sollecitazioni di carattere termico derivanti da cortocircuito non sono pericolose per gli avvolgimenti mentre possono essere assai dannose per le spazzole e per il collettore non solo durante il cortocircuito ma anche all'interruzione di esso. Viene descritto un gruppo di macchine studiato per la prova degli interruttori automatici e dei dispositivi di protezione, per 600 V e 50 000 A, che permette di riprodurre condizioni analoghe a quelle di cortocircuito. *N.*

MISURE.

H. Gerber — **La taratura dei manometri.** (A.S.E. Bull., 26 febbraio 1944, pag. 47 a 49, con 3 fig.). **28 f**

Le misure di pressione per il calcolo del salto netto utilizzato nei collaudi degli impianti idroelettrici vengono spesso eseguite con manometri a molla facilmente maneggevoli; per la loro taratura si usano dispositivi in cui il carico viene effettuato mediante pesi. Negli impianti nei quali è possibile eseguire esatte livellazioni della quota del pelo d'acqua superiore e inferiore si dà la possibilità di tarare i manometri a molla anche mediante confronto con il carico statico della colonna d'acqua. Il confronto delle indicazioni dei manometri quando siano stati tarati con questo sistema del carico statico e quando siano invece stati tarati sperimentalmente in laboratorio col sistema dei pesi, manifesta delle discordanze che, prescindendo dall'inevitabile dispersione, sono sempre nello stesso senso: la taratura in laboratorio con il sistema dei pesi porta sempre, secondo l'A., a dedurre salti netti più grandi di quando si effettua la taratura in posto servendosi della colonna d'acqua come carico statico. Una sistematica ricerca eseguita in merito ha dimostrato che la constatazione non può dipendere da un caso. A tale scopo venne studiato e costruito uno speciale manometro campione a pesi in cui vi era la possibilità di sostituire gli stantuffi variandone le dimensioni; con questo furono tarati tutta una serie di manometri. In un caso pratico l'A. ebbe l'occasione di constatare una differenza di 3,55 m su un salto di 830 m, fra il manometro tarato coi pesi o con la colonna statica. Per chiarire la cosa la Ditta Escher Wyss costruì due manometri a pesi che adattò direttamente alla turbina al posto dei manometri a molla; essi, di costruzione accuratissima, furono tarati in diversi impianti confrontandoli col carico statico, fino a salti di 1740 m. I risultati sono messi a confronto, in un diagramma, con le misure precedentemente effettuate coi manometri a molla. I due manometri campione dimostrarono una assai buona concordanza di risultati fra loro e con manometri a pesi di altra provenienza e confermarono le osservazioni già fatte circa la taratura dei manometri a molla. Per spiegare il fenomeno si può anzitutto pensare all'effetto della compressibilità dell'acqua. Ma basandosi sui dati disponibili sperimentalmente intorno alla compressibilità dell'acqua chimicamente pura e assumendo una temperatura di circa 10 °C per l'acqua stessa, e deducendone le variazioni nel volume specifico e quindi nel peso specifico dell'acqua, si arriva a risultati che non concordano con quelli prima citati. L'andamento del diagramma delle differenze riscontrate sperimentalmente è infatti rettilineo mentre quello dei valori calcolati in base alla compressibilità dell'acqua è di tipo quadratico. I due diagrammi si intersecano per un salto di circa 2 000 m; per salti inferiori si notano rilevanti scostamenti assoluti e percentuali. Una spiegazione soddisfacente del fenomeno non si è ancora potuta trovare. *Ri.*

H. Schwenkhagen — **Voltmetro elettrostatico a induzione.** (E. Wirtschaft, 20 marzo 1943, pag. 120 a 124, con 11 fig.). **28 c**

I dispositivi di misura delle alte tensioni basati sulla scarica in intervalli spinterometrici hanno l'inconveniente che non permettono di misurare quale fosse la tensione prima della scarica. L'impiego di riduttori è limitato alle correnti alternate e presenta difficoltà per le altissime tensioni. Anche i dispositivi a divisore di tensione, o basati su metodi capacitivi, non sono privi di inconvenienti. Recentemente è stato elaborato un altro metodo che elimina molti di tali inconvenienti e che si adatta particolarmente per le tensioni più elevate, anche continue. Di tale apparecchio l'A. rivendica l'invenzione alla Germania mentre è generalmente attribuito all'America. Il principio fondamentale è il seguente. Se un campo elettrico termina alla superficie di un conduttore, si generano su tale superficie delle cariche la cui distribuzione esprime lo spostamento dielettrico e l'intensità del campo elettrico. Se si varia tale distribuzione mediante uno spostamento relativo fra la superficie del conduttore e il campo, si manifestano sulla superficie del conduttore stesso correnti di compensazione; esse possono venire misurate su un conduttore che colleghi vari punti della superficie. Invece della corrente, si può misurare la caduta di tensione in una resistenza. L'A. presenta uno schema di circuito usato fin dal 1025 in Germania per la misura di campi elettrostatici nell'aria, asserendo che esso è eguale a quello proposto solo parecchi anni più tardi in America per la misura di alte tensioni. Lo schema contemplava un conduttore in rotazione nel campo. In uno schema più recente si usa invece un conduttore oscillante entro il campo stesso e si ha il vantaggio di eliminare le difficoltà e le cause d'errore derivanti dall'impiego di un anello con contatto strisciante. Gli elettrodi sono confermati in modo speciale, così da ottenere correnti di carattere sinusoidale. Per la misura di deboli campi occorre usare un elevato numero di giri oppure superfici assai ampie. Si è quindi modificato il circuito introducendo una amplificazione della corrente fornita dall'istrumento o della tensione derivata da essa. Si va incontro così però ad alcuni inconvenienti, come quello di non poter riconoscere la polarità della tensione misurata. Si è perciò proceduto ad un ulteriore perfezionamento dell'istrumento che venne reso anche più semplice. La tensione del voltmetro viene opposta ad una tensione di eguale fase ottenuta per via elettromagnetica o elettrostatica da un secondo generatore coassiale con quello del voltmetro. La amplificazione viene applicata alla somma o alla differenza delle due tensioni. Se si mette istantaneamente in cortocircuito o si inverte la tensione da misurare, si può dalle variazioni di tensione risultante che ne conseguono, dedurre il valore della tensione stessa da misurare. L'A. illustra sommariamente la teoria del metodo e accenna alle precauzioni da usare per ottenere elevata precisione. *Ri.*

W. Understadt — **Determinazione della località dei guasti dei cavi.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1943, pag. 102 a 105, con 6 fig.). **28 d**

Fra le molte grandezze caratteristiche di un cavo in opera ve ne sono soltanto 3 che variano proporzionalmente alla lunghezza e cioè la resistenza del conduttore, la capacità e la induttanza nei riguardi degli altri conduttori vicini. Dalle misure elettriche di una di queste grandezze si può quindi risalire alla distanza, purchè siano state determinati prima i valori caratteristici del cavo sano. In particolare si possono distinguere 3 categorie di guasti. Contatto fra due

Biblioteca nazionale centrale di Roma

conduttori o fra conduttori e camicia di piombo: questi guasti si rivelano con una riduzione di resistenza. Rottura di tutti e tre i conduttori: si rivela con una variazione di capacità. Rottura dei conduttori con contatto fra conduttori oppure rottura dei conduttori con contatto fra questi e il piombo; si rivelano con uno dei metodi precedenti. La resistenza del guasto può assumere valori assai vari; essa risulta da quella dell'isolamento bruciato, delle particelle metalliche e dell'umidità; si riduce a zero soltanto se si forma un ponte di metallo fuso fra i conduttori; negli altri casi è variabile col passaggio della corrente. Per la prima categoria di guasto a cui si è accennato, se oltre al conduttore rottosi è disponibile ancora un conduttore sano di eguale diametro, si usa per la determinazione della distanza del guasto un dispositivo a ponte con resistore variabile a contatto scorrevole; il guasto è in serie con la tensione di misura e per poter usare basse tensioni si procede spesso a bruciare del tutto il punto guasto mediante applicazione preventiva di una tensione elevata. L'A. riporta lo schema del circuito di misura ed espone alcune considerazioni in proposito. Se non vi è disponibile un conduttore sano di eguale sezione, si può ricorrere al metodo di Heizelmann con due fili ausiliari o, per forti differenze di diametro tra i fili ausiliari e quello guasto, al cosidetto metodo dei tre punti; l'A. ne riporta gli schemi. Se il guasto è vicino al luogo di misura i metodi fin qui detti cadono in difetto ed è meglio ricorrere allora al metodo della caduta di tensione con l'uso di un voltmetro con 14 000 ohm/volt e un campo di misura di almeno 5 mV. Difficoltà possono derivare nel caso della rottura della camicia di piombo. Per la seconda categoria di guasti si ricorre opportunamente a un ponte di misura di capacità a corrente alternata oppure a misure con galvanometro balistico; gravi errori si possono però avere se il guasto è vicino al luogo della misura. La precisione che si può raggiungere in queste misure di distanza dei guasti dipende dalla precisione degli apparecchi di misura, da quella delle costanti del cavo, dalla omogeneità del tratto di cavo interessato, dalla distanza. L'A. espone considerazioni sulla importanza relativa che queste varie voci assumono nella determinazione. Si può spesso arrivare ad una esattezza dell'ordine di un metro. Vi sono poi metodi che permettono in molti casi di eseguire la determinazione mentre il cavo si trova in esercizio, sotto tensione. Negli impianti di cavi a corrente continua si installa spesso preventivamente un apposito filo, isolato dagli altri conduttori; se si verifica un'alterazione nell'isolamento, il filo assume un potenziale che si rivela in un circuito a ponte in cui esso è inserito. Un altro esempio è quello della determinazione delle messe a terra negli impianti a bassa tensione con neutro isolato; vengono in proposito riportati schemi e circuiti. *Rl.*

MOTORI PRIMI.

O. Böhm — **Sullo stato attuale delle ricerche sugli ugelli delle turbine Pelton.** (W.u.W., 24 novembre 1943, pag. 269 a 272, con 11 fig.). 30 b

Il flusso dell'acqua nel caso delle turbine Pelton sembra a prima vista essere assai più semplice di quello che si verifica nelle turbine a reazione, ma in realtà se si analizza a fondo la questione, specialmente per ottenere la massima utilizzazione della energia posseduta dall'acqua, si incontrano una quantità di problemi di non semplice soluzione. Anzitutto non basta che la formazione del getto, cioè la trasformazione delle varie forme di energia, avvenga senza perdite ma è anche necessario che il diametro del getto uscente dall'ugello possa venire fortemente ridotto, senza perdite, durante l'esercizio. Anche l'adduzione dell'acqua all'ugello deve essere studiata in modo che non ne venga alterata la trasformazione del getto. Fin da principio si riconobbe che la migliore forma del getto è quella circolare. L'A. illustra i diversi tipi di ugelli studiati ed applicati successivamente, anche in relazione ai corrispondenti tipi di ago regolatore. Nei tipi più moderni gli aghi, sono a sezione circolare con angolo di punta compreso fra 30 e 60° e la bocca è pure circolare con angolo da 60 a 120°; negli Stati Uniti si dice si sia ottenuto un aumento di rendimento di 2 % adottando un ago con angolo di 90°. Coi tipi moderni di ugello non si è però raggiunta una soluzione ideale e per realizzare ulteriori progressi sono necessarie ulteriori ricerche sperimentali. Osservazioni dell'andamento del getto eseguite attraverso finestre di plexiglas su filamenti liquidi colorati introdotti nel getto stesso hanno dimostrato che tali filamenti spesso si interrompono, ciò che significa che l'andamento del potenziale dall'ugello al getto subisce alterazioni. Pochi anni or sono A. Tenot, durante ricerche su getti liquidi da ugelli, mise in evidenza che nell'interno del getto esistono sorprendenti differenze di pressione che portano alla formazione di depressioni localizzate su una superficie colpita dal getto. Anche ricerche di M. Voith hanno messo in evidenza, anche con registrazioni fotografiche, che la struttura del getto non è semplice ed omogenea ma presenta notevoli irregolarità anche in casi nei quali si avevano rendimento dell'ordine di 90 % nella turbina. Lo stato attuale della teoria offre pochi appigli per migliorare le caratteristiche del getto; al contrario esiste un abbondante materiale sperimentale sulla influenza della forma e delle dimensioni del condotto di adduzione dell'acqua all'ugello sulle caratteristiche del getto. Si è messo in evidenza il vantaggio che l'ultimo tronco di tale condotto, anzichè a gomito come generalmente avveniva nei precedenti impianti, sia rettilineo: sono illustrati alcuni tipi di tali organi. Tale disposizione rende però più difficile la sistemazione e il comando dell'ago di regolazione; sono illustrate alcune recenti soluzioni costruttive. Praticamente però il vantaggio che si riesce a realizzare nel rendimento è assai limitato. Inoltre la testa di ugello rettilinea implica complicazioni costruttive riguardo alla regolazione. Viene illustrata una soluzione costruttiva intermedia in cui la testa di ugello è rettilinea ma di breve lunghezza. Le ricerche sperimentali intorno allo sforzo necessario per spostare l'ago di regolazione dalla posizione di chiuso a quella di massima apertura hanno permesso di ridurre assai l'entità di tale sforzo e realizzare così regolatori relativamente leggeri. In generale si può asserire che i problemi relativi alla portata possono essere studiati sperimentalmente in laboratorio mediante ugelli geometricamente simili a quelli reali. *N.*

TRASFORMATORI.

R. Elsner — **La sicurezza contro le scariche atmosferiche nei moderni trasformatori ad alta tensione.** (E.u.M., 15 ottobre 1943, pag. 493 a 506, con 26 fig.). 39 a

Quando si parla di trasformatori resistenti alle scariche atmosferiche non si intende che essi debbano poter sopportare senza danno gli effetti di un fulmine che colpisca la linea nelle immediate vicinanze dei morsetti del trasformatore. La tecnica moderna possiede molti mezzi di protezione contro le scariche dirette, come conduttori di guardia, scaricatori, ecc. Con questi accorgimenti si può ridurre il valore massimo delle tensioni che possono sollecitare i trasformatori e risparmiare forti quantità di materiali pregiati nella loro costruzione. L'A. comincia a considerare il caso dei trasformatori di potenza e fa precedere notizie e considerazioni sul comportamento degli isolamenti nei riguardi delle sovratensioni; mette in evidenza l'importanza della durata della sovratensione. Le sollecitazioni più elevate negli isolamenti principali si verificano, nel caso più frequente in Europa di centro stella isolato, quando giunge al trasformatore un'onda di sovratensione trifase; in tal caso (per avvolgimenti costituiti sia da bobine a disco sia da bobine cilindriche), in seguito alla differenza fra la distribuzione capacitiva iniziale e la distribuzione quasi stazionaria finale, si generano forti oscillazioni di tensione verso terra le quali raggiungono la loro massima ampiezza in vicinanza del centro stella. L'A. analizza questi fenomeni oscillatori confrontando il caso di sovratensione monofase, bifase o trifase. Le ricerche hanno dimostrato che, al centro stella oltre all'onda fondamentale di oscillazione si rende manifesta la terza armonica mentre le armoniche superiori sono trascurabili; è anche possibile predeterminare col calcolo la frequenza di oscillazione al centro stella. Si è riconosciuto che tale frequenza, oltrechè dal tipo di collegamento, dipende anche dal carico e dalla tensione di esercizio: la frequenza è alquanto minore nel caso di collegamento stella/triangolo che nei casi di collegamento stella/stella o stella/zig-zag; a parità di tipo costruttivo la frequenza diminuisce col crescere della potenza e col dimi-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nuire della tensione. L'ampiezza della sovratensione trifase arrivante al trasformatore può ritenersi limitata alla tensione di scarica 50 % dello spinterometro di protezione. Le sovratensioni che si generano al centro stella possono ritenersi non pericolose per i moderni trasformatori. Per quanto riguarda le sovratensioni fra le singole bobine dell'avvolgimento gli elementi per il proporzionamento dell'isolamento sono forniti dai rilievi oscillografici e quindi dalle previsioni sui valori delle onde di sovratensione e dalla conoscenza del comportamento degli isolamenti alle onde stesse, quale si può acquistare con ripetute prove di laboratorio. Si arriva alla conclusione che gli avvolgimenti dei trasformatori devono essere costruiti in modo da presentare in ogni punto la stessa sicurezza contro le sollecitazioni di sovratensione che si possono manifestare in quel punto. Trasformatori costruiti secondo questi principi si sono dimostrati, da anni, molto sicuri nei confronti delle scariche atmosferiche. Vi sono poi tipi costruttivi di trasformatori in cui è regolata la distribuzione delle tensioni nell'interno degli avvolgimenti. Si possono considerare due tipi principali: il primo è quello a schermo metallico connesso al polo ad alta tensione, cioè il così detto trasformatore schermato; il secondo è quello basato sull'aumento artificiale della capacità mutua fra le bobine mediante l'uso di bobine largamente appiattite, e con uno schermo metallico disposto sopra la bobina di entrata. Entrambi questi tipi sono usati in America con centro stella a terra ma soltanto come elementi monofasi di gruppi trifasi. In Europa vengono costruiti come elementi trifasi, ad avvolgimenti, costituiti da più bobine cilindriche collegate in serie; il problema è complicato dalle necessità di curare l'isolamento sia in senso longitudinale sia in senso radiale; tuttavia la pratica ha dimostrato che è possibile costruire trasformatori sicuri contro le scariche atmosferiche, anche di questo tipo. Particolare attenzione esigono i trasformatori di regolazione con regolatore a gradini; anche queste questioni vengono illustrate dall'A. In ultimo viene preso in considerazione il problema del passaggio delle sovratensioni dall'avvolgimento ad alta a quello a bassa tensione, passaggio che può dipendere da fenomeni capacitivi connessi al campo elettrico e da fenomeni induttivi connessi al campo magnetico. I primi possono assumere importanza soltanto se il secondario è scarico o almeno funziona a basso carico; se esso è sotto carico invece, le sovratensioni che si generano per induzione, non pericolose per l'avvolgimento secondario stesso, possono divenire pericolose per l'isolamento dei motori o degli apparecchi su di esso inseriti. Alcune osservazioni sono anche avanzate circa le prove dei trasformatori ad onde di impulso. *N.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

V. Savagnone — **Considerazioni sulla reinserzione degli interruttori.** (L'En. Elettr., settembre-ottobre 1944, pag. 202 a 215, con 21 fig.). **40 d**

Il caso tipico è quello di una lunga linea costituita da una terna semplice di interconnessione fra due sistemi di notevole potenza aventi entrambi un carico locale; al verificarsi di un corto circuito i due interruttori a ciascuna estremità vengono contemporaneamente aperti per essere poi richiusi contemporaneamente dopo un certo « tempo di attesa » il quale deve essere abbastanza lungo da permettere la deionizzazione della zona in cui si è verificato l'arco, ma non tanto lungo da compromettere la stabilità della trasmissione. Il tempo di deionizzazione dell'arco in linee aeree cresce col crescere della tensione e, in proposito, sono riportati risultati sperimentali; inoltre dipende anche dalla durata dell'arco, tanto che dai dati sperimentali disponibili pare di poter asserire che effettuando l'apertura con interruttori e relè molto rapidi (0,10 sec) o lenti (0,40 sec), il tempo per la deionizzazione dell'arco subirà un aumento di 0,01 sec. Discutendo molte serie di rilievi eseguiti, si può arrivare ad affermare che la grande maggioranza delle manovre di reinserzione sarà seguita da successo e consentirà la regolare continuità di esercizio. Agli effetti della stabilità bisogna però considerare tutto il tempo fra l'inizio del cortocircuito e la richiusura, cioè il tempo di intervento del relè più quello di apertura più quello di « attesa ». L'A. esamina la importanza che assumono il tempo di cortocircuito e quello di « attesa », prendendo a considerare una trasmissione costituita da un alternatore collegato a una rete di grande potenza attraverso un trasformatore e una lunga linea; l'analisi sommaria di tale esempio mette in evidenza gli elementi dai quali dipende il tempo massimo ammissibile per la manovra di reinserzione, dall'inizio del cortocircuito alla richiusura dell'interruttore, cioè: potenza massima della trasmissione, potenza trasmessa prima della perturbazione, inerzia del sistema di trasmissione e sistema di regolazione dei sincroni. Vengono anche riportate e illustrate con l'applicazione a un caso particolare, le curve date da Griscom e Torok che permettono di determinare il tempo totale ammissibile in funzione del rapporto potenza trasmessa/potenza massima ammissibile. In generale, e specialmente nelle reti con neutro a terra direttamente (nelle quali la maggior parte dei cortocircuiti sarà monofase), riesce vantaggiosa la reinserzione monofase o bifase che permette di aumentare il « tempo di attesa »; la manovra a numero di poli ridotto non è però sempre effettuabile perchè dopo l'apertura viene a fluire nel guasto una corrente residua dovuta alla capacità mutua delle fasi non interrotte rispetto al conduttore interrotto; aumentando tale corrente, aumenta il tempo di deionizzazione, che può diventare eccessivo. Aumentando il « tempo di attesa » sarà maggiore il numero di casi in cui tutte le scariche successive saranno comprese nel tempo di attesa; in generale, se un fulmine multiplo colpisce un filo di linea si può ritenere molto probabile che le scariche successive interessino sempre lo stesso conduttore; questo però, non è più il caso qualora il fulmine colpisca invece un filo di guardia o un pilone. L'A. passa poi a esaminare le più importanti installazioni con richiusura ultrarapida che sono state finora eseguite e ne riporta i dati di esercizio. È ormai opinione generale che la reinserzione ultrarapida relativa a linee di interconnessione ad alta tensione deva essere limitata ad una sola manovra. Invece nella richiusura automatica per linee radiali è entrato in uso un ciclo composto di varie manovre opportunamente intervallate; l'A. esamina il comportamento a questo riguardo delle varie utenze (motori sincroni o asincroni) discutendo la convenienza della manovra multipla nei vari casi. *Ri.*

G. Gatto — **Neutro a terra o neutro isolato?** (L'En. Elettr., novembre-dicembre 1944, pag. 263 a 268). **40 a**

La causa fondamentale che contrasta la adozione del sistema con neutro isolato è la incostanza della tensione del sistema in particolari condizioni. La messa a terra di una fase eleva infatti la tensione delle altre due fasi alla tensione concatenata o a valori anche superiori; assai più pericoloso si presenta poi il fenomeno oscillante quando la messa a terra si verifica attraverso un arco intermittente; in questo caso possono venire impressi alla linea treni d'onde ad alta frequenza di valore molto pericoloso. Tali sovratensioni da arco intermittente possono durare vari secondi e costituire anche una grave sollecitazione per i moderni scaricatori. A questi svantaggi si contrappone, per la rete con neutro isolato, il vantaggio di poter continuare il funzionamento anche con una fase a terra. Per quanto riguarda il sistema con neutro a terra bisogna distinguere i casi di messa a terra diretta o attraverso resistenza o con bobina di reattanza. L'A. analizza le caratteristiche di funzionamento di questi vari tipi di reti, discutendone i pregi e i difetti. Dall'analisi fatta arriva alle seguenti conclusioni. Siccome le sovratensioni da archi intermittenti negli impianti con neutro isolato dipendono dalla energia immagazzinata nel sistema, ne segue che la lunghezza delle linee e la loro tensione sono fattori determinanti della messa a terra del neutro. È però difficile stabilire i limiti che separano la convenienza dei due sistemi, anche perchè essi dipendono dalla frequenza delle scariche atmosferiche e quindi dalla ubicazione della rete. Per impianti di grande capacità ed elevata tensione (oltre 60 kV) oppure a media tensione ma molto estesi, costituiti da circuiti multipli ad anello per i quali interessa sopratutto la sicurezza della rete, dovrebbe essere senz'altro preferibile il sistema con neutro a terra, eventualmente accompagnato con la adozione della richiusura rapida degli interruttori. Per impianti di piccola capacità, a media tensione (sotto 50 kV) con circuiti radiali non molto estesi, può riuscire conve-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

niente il sistema con neutro isolato, allo scopo di assicurare maggiore continuità all'esercizio, in considerazione anche del fatto che è probabile che gli archi a terra si estinguano da sè per la limitata capacità della rete. Per impianti che trasmettono con generatori direttamente collegati alla linea, alla stessa tensione di generazione, può essere conveniente la messa a terra del neutro, attraverso resistenze, specialmente quando si tratti di impianti di notevole potenza. Per molti casi particolari dipendenti da sfavorevole ubicazione rispetto ai circuiti di comunicazione, da necessità di mantenere il servizio in modo continuativo, ecc., può riuscire conveniente l'impiego delle bobine di estinzione quando non faccia ostacolo la ragione economica; recentemente l'impiego delle bobine di estinzione è stato esteso anche a sistemi ad altissima tensione. L'A. auspica una fattiva collaborazione coi tecnici delle correnti deboli allo scopo di eliminare le opposizioni che vengono talvolta avanzate dalle amministrazioni delle linee di comunicazione e consentire così ai tecnici la necessaria libertà di scelta dei sistemi di collegamento del neutro nell'interesse di tutti. *Ri.*

H. Hafner — **Carico monofase di una rete trifase e la sua compensazione statica.** (Bollettino Oerlikon, settembre-ottobre 1943, pag. 1561 a 1566, con 5 fig.). **40 f**

Un elevato carico monofase su una rete trifase aumenta le perdite nel generatore, e può alterare la simmetria delle tensioni fino a produrre perdite supplementari nelle macchine lavoranti in parallelo, e modificare così le loro caratteristiche di funzionamento. L'importanza dei carichi monofasi è enormemente aumentata, con l'impiego assai frequente dei forni elettrici monofasi, degli apparecchi di saldatura per punti, ecc. La nota analizza le ripercussioni del carico monofase sulla rete, sotto diversi rapporti e con particolare riguardo all'azione della corrente diretta e della corrente inversa con qualsiasi sfasamento della tensione ai morsetti. Due casi speciali vengono particolarmente esaminati, e questi si hanno: quando il carico monofase è inserito sulla rete, direttamente o mediante un trasformatore monofase; quando la tensione ai morsetti del carico monofase è in fase con la tensione della rete. Si arriva così all'esame degli accorgimenti da adottare per equilibrare un carico monofase, che in pratica si traducono in dispositivi di vario tipo. Tali dispositivi comprendono essenzialmente: i dispositivi statici, ed i gruppi di fase, ciascuno avente un proprio campo d'applicazione che l'Autore si propone di illustrare in un successivo studio. *E. Rb.*

TRAZIONE E PROPULSIONE.

K. Hayer — **La regolazione del funzionamento in parallelo delle macchine a corrente continua nei veicoli.** (E.T.Z., 18 novembre 1943, pag. 607). **41 e**

I generatori elettrici usati a bordo di veicoli, specialmente a scopi di illuminazione, e i relativi dispositivi di regolazione hanno assunto caratteristiche peculiari in conseguenza delle particolari esigenze di esercizio e della bassa tensione di funzionamento. Il numero di giri rapidamente e frequentemente variabile (ad es. nel campo di 2000 a 7000 giri/min), le forti e improvvise variazioni di carico e l'elevato sfruttamento delle macchine impongono esigenze molto gravi per la regolazione; si aggiungono le possibili variazioni di temperatura, da —40 a +50 °C, accelerazioni in varie direzioni, esigenze di costo limitato e di piccolo ingombro. Tutte queste esigenze portarono allo sviluppo e alla adozione di semplici regolatori tipo Tirril che oggi sono adottati su quasi tutti i veicoli; nel confronto dei classici regolatori Tirril per grosse macchine la principale caratteristica di questi piccoli regolatori è quella di avere solo un'armatura mobile, ciò che è reso possibile dalla piccolissima costante di tempo delle macchine e permette di semplificare assai la costruzione. Nel caso di funzionamento in parallelo con altre macchine o con una batteria, è necessario introdurre un interruttore di blocco che stacchi la macchina quando è fuori servizio. Esso, azionato da un avvolgimento di tensione, collega la macchina alle sbarre se la tensione alle spazzole ha raggiunto la tensione della rete e il generatore è pronto a erogare corrente; se la forza elettromotrice della macchina scende sotto quella della rete, come avviene durante gli arresti, nella macchine fluisce una corrente inversa che percorre una bobina dell'interruttore la quale, agendo in contrasto con la bobina di tensione, provoca la apertura dell'interruttore. Questo interruttore è costruttivamente fuso in un solo dispositivo col regolatore, facendo uso, per carichi piccoli, della stessa bobina del regolatore mediante un collegamento magnetico o meccanico. Per caricare la batteria con una intensità di corrente adatta al suo stato di carica e contemporaneamente proteggere il generatore dai sovraccarichi, si rende la tensione di regolazione dipendente in modo opportuno dalla corrente. La più semplice dipendenza è rappresentata da una caratteristica E, I, data una retta discendente, se il regolatore, oltrechè la sua bobina di tensione possiede anche una bobina di corrente; questo è il caso più frequente nei veicoli terrestri. Quando vi siano particolari esigenze riguardo alla costanza della tensione, come nel caso degli aeromobili, si realizza una caratteristica orizzontale (cadente bruscamente a zero all'estremità) che si può ottenere mediante l'adozione di un regolatore di tensione e di un regolatore di corrente nello stesso avvolgimento di eccitazione. Nel funzionamento di più generatori in parallelo sulle stesse sbarre, bisogna evitare il pericolo di variazioni pendolari della distribuzione del carico sui vari generatori. Con una caratteristica orizzontale non è possibile evitare tale pericolo, senza alterare la regolazione, perchè possono formarsi delle condizioni di labilità e oscillazioni di corrente. Anche con una caratteristica cadente la disimmetria dei carichi può raggiungere valori eccessivi in causa delle inevitabili tolleranze di costruzione e di funzionamento del regolatore. Non si possono adottare relè differenziali in causa della forte velocità di regolazione, mentre un avvolgimento fisso, posto sulla bobina del regolatore e percorso da una opportuna corrente di squilibrio, può realizzare una regolazione rapida e efficace. Un tale avvolgimento è stato adottato da parecchi anni con buoni risultati; esso è disposto in modo che viene percorso da una corrente qualora si manifesti una differenza di potenziale fra i morsetti positivi dei regolatori. *N.*

J. Annaheim — **Locomotive Diesel-elettriche per la Tailandia.** (Bollettino Oerlikon, settembre-ottobre 1943, pag. 1566 a 1570, con 8 fig.). **41 g**

Si tratta di una nuova serie di 4 macchine da 550 kW e 3 da 700 kW. Vengono descritte le prime. È interessante notare le seguenti caratteristiche: peso totale 46,5 t; rapporto kg/kW 85. Parte elettrica: potenza continua al gancio 370 kW; peso 10,4 t; rapporto kg/kW 28; carico/asse 12 t; peso rimorchiato 180 t; peso parte meccanica 23,5 t; peso Diesel 9,6 t. Sforzo al gancio a 39 km/h in regime continuo 4600 kg; velocità massima, 65 km/h; diametro ruote, 914 mm; scartamento, 1000 mm. Il Diesel è a sei cilindri, ad iniezione diretta, sovralimentato con turbo compressore; velocità 750 giri/min in regime continuo e 850 in regime uniorario. L'equipaggiamento elettrico comprende una dinamo principale ed una dinamo ausiliaria; la prima alimenta i motori del tipo a sospensione, accoppiati in parallelo e protetti contro i sovraccarichi da relè a corrente massima. La dinamo principale è munita di un avvolgimento in derivazione, un avvolgimento ad eccitazione separata, un avvolgimento a contro compoundaggio. Per l'avviamento del Diesel la dinamo principale lavora come motore in serie, alimentato dalla batteria di accumulatori. Le manovre vengono eseguite da una delle due cabine di condotta, agendo sull'equipaggiamento di comando e quindi sul regolatore del Diesel e sul regolatore di eccitazione, a mezzo di un servomotore a pressione d'olio. Un regolatore automatico di tensione compensa l'influenza del carico variabile delle macchine ausiliarie. Un gruppo convertitore a 32 V assume l'alimentazione dei circuiti di illuminazione, e di comando. *E. Rb.*

H. Süsli — **Gli organi di controllo e di comando nelle locomotive Ae 4/6 N. 10801-12, delle Strade Ferrate Svizzere.** (Bollettino Oerlikon, luglio-agosto 1943, pagina 1558 a 1559, con 4 fig.). **41 e**

La tensione ai morsetti dei motori di trazione, è regolata da un commutatore a gradini, che collega successivamente le prese del trasformatore di regolazione primaria, collegato

Biblioteca nazionale centrale di Roma

al filo di contatto, col trasformatore senza prese, alimentante i motori di trazione. Dettagli indicano il modo di funzionamento del complesso. Le locomotive sono previste per marcia ad unità multiple, in doppia trazione; esse rimorchiano un peso di 770 t a 65 km/h, con livellette del 27 ‰. Si ha all'uopo un sistema di accoppiamento a 26 contatti per i circuiti di comando, di costruzione speciale, molto leggera, che l'A. illustra nei particolari con viste varie. I circuiti di comando e di illuminazione, come la batteria di accumulatori, sono alimentati da un piccolo gruppo convertitore, ma in alcune locomotive di tale gruppo, il convertitore è stato sostituito da un raddrizzatore elettronico a 2 lampade. A titolo di prova è stato soppresso il regolatore di tensione del circuito di regolazione, e si sono migliorate le condizioni di servizio con una scelta appropriata delle caratteristiche esterne della dinamo, e delle caratteristiche di velocità del motore. Il pantografo è del tipo di costruzione leggera per le grandi velocità; esso consente facile manovrabilità, equilibrio nelle curve, attriti minimi, e praticamente assenza di scosse e di urti contro il filo di contatto. Completano gli apparecchi di controllo, i già sperimentati dispositivi di sicurezza — apparecchio di uomo morto — e di protezione automatica. *E. Rb.*

H. Süsli — **Le locomotive monofasi tipo Ae 4/6, serie N. 10.801-12 delle Ferrovie Svizzere.** (Bollettino Oerlikon, luglio-agosto 1943, pag. 1553 a 1556, con 5 fig.). **41 e**

Si tratta di locomotive per treni espressi per la linea del Gottardo. La nota, premessa la storia delle evoluzioni costruttive subìte da tali macchine, passa ai dettagli: sistema in c.a. monofase; tensione al filo di contatto 15 kV + 10 % e —15 %; frequenza 16 2/3 ± 1/2 per/sec; scartamento 1435 mm; lunghezza totale 17,2 m; diametro ruote motrici 1350 mm; diametro ruote portanti 950 mm; numero motori di trazione 8; rapporto ingranaggi 1 : 3,32; Norme U.I.C. per il riscaldamento dei motori di trazione; potenza sull'albero dei motori 4560 kW unioraria, 3960 kW continua; sforzo di trazione al gancio 20 000 e 16 400 kg in corrispondenza alle 2 potenze, e massimo 28 000 kg; velocità corrispondenti: 81-85,5-125 km/h. Pesi: parte meccanica 55,9 t; equipaggiamento elettrico 48,8 t; personale, sabbia ecc. 1,3; peso in ordine di marcia 106,0 t; peso aderente 80,0 t; ripartizione dei pesi sugli assali 13+4×20+13 t. Viene messo in rilievo il risultato conseguito nell'alleggerimento delle varie strutture, specialmente dell'equipaggiamento elettrico, e la linea armonica del complesso, attraverso una studiata uniforme distribuzione delle diverse parti sul telaio. Le illustrazioni mettono in evidenza viste esterne, e particolari interni con dimensioni d'assieme. In condizioni di prestazioni elevate le locomotive vengono accoppiate, come è spesso richiesto sulla linea del Gottardo. Le unità del tipo descritto, a costruzioni ultimate, saranno 12. *E. Rb.*

W. Pferr — **Sviluppo storico e tecnico delle filovie fino ad oggi.** (E. Wirtschaft, 20 gennaio e 20 febbraio 1943, pag. 23 a 28, e pag. 76 a 80, con 22 fig.). **41 n**

La prima vettura automobile alimentata da una linea area e senza rotaie fu costruita da W. Siemens nel 1882. Alla fine della prima guerra mondiale si avevano in servizio nel mondo complessivamente 42 linee per 300 km, delle quali 14 con 180 km erano in Italia. Dopo la guerra si notò un rapido sviluppo delle filovie. In Inghilterra molte linee tranviarie furono trasformate in linee filoviarie; in base a condizioni particolari di esigenze, che l'A. accenna, venne adottato un tipo di motore da 65 kW con 1250 giri/m; la riduzione dei giri viene effettuata con vite senza fine e ruota elicoidale che permette di usare motori veloci e leggeri; con una buona manutenzione si arriva a durate utili di 150 000 e 200 000 km. Ad eccezione delle filovie di Londra dove si usa l'archetto, l'organo di presa della corrente nelle filovie inglesi è in generale la rotella. L'A. riporta molte notizie particolari sulle filovie inglesi. Negli Stati Uniti le filovie si affermarono con qualche ritardo, data la grande diffusione delle autovetture a benzina; tuttavia nel 1940 esse rappresentavano il 32 % dei mezzi totali di trasporti su piccole distanze; la massima diffusione ebbero le filovie nella città di New Jersey che nel 1938 aveva in servizio 500 vetture per un complesso di linee di 460 km; viene fatto molto uso di leghe leggere nella costruzione delle vetture; in generale ogni vettura è equipaggiata con 2 motori in serie-parallelo e solo per piccole vetture si adotta un unico motore; nel 1942 erano in servizio negli Stati Uniti 2836 vetture filoviarie. In Germania la prima linea filoviaria entrò in servizio nel 1930 ma lo sviluppo notevole si ebbe dopo il 1937. Nel 1940 erano in servizio in 20 città tedesche 190 km di linee filoviarie con 130 vetture, mentre altri 27 km di linee e 160 vetture erano in costruzione; erano progettati ancora 500 km di linee e 600 vetture per altre 52 città. Si sono adottati 3 tipi di vetture (per 45-60-75 passeggeri) equipaggiate con motori da 60-90 e 20 kW a 1500/1600 giri/min, con doppio avvolgimento e due collettori; la maggior parte delle vetture sono equipaggiate con regolazione a gradini fini; nelle vetture più moderne si è adottato un freno elettrico a eccitazione indipendente a 24 V data da un generatore Bosch e da una batteria; la presa di corrente avviene in generale con blocco strisciante di carbone. L'A. fornisce parecchi particolari costruttivi delle vetture filoviarie tedesche. Come linea di contatto si usa largamente in Germania un conduttore di acciaio; si è anche proposta l'adozione di speciali conduttori alluminio-acciaio ma vi sono difficoltà di vario genere. Il consumo di energia, a parità di altre condizioni, risulta con le filovie circa del 40 % più elevato che con le tranvie su rotaie, ma la differenza è resa trascurabile dal maggior peso delle vetture tranviarie; il confronto economico con le vetture con motori a combustione dipende dal prezzo della nafta ed è quindi assai variabile da luogo a luogo e da momento a momento. In Russia si avevano, un anno prima dello scoppio della guerra, 775 vetture filoviarie in servizio in 7 Stati. Nella Francia se ne avevano più di 200 e molte erano in costruzione. Nel Belgio vi erano 56 km di linee e 84 vetture, con motori da 55 kW. In Italia alla fine del 1940 erano in funzione 440 km di linee filoviarie servite da oltre 1000 vetture; fra l'altro, una linea per trasporto merci lunga 45 km con dislivello di 1150 m servita con vetture da 10,5 tonnellate di carico utile. *Ri.*

VARIE.

Proposte e miglioramenti di esercizio nelle Imprese elettriche. (E. Wirtschaft, 5 marzo 1943, pag. 90 e 94, con 3 fig.). **42**

La Germania durante la guerra si è posta attentamente il problema di aumentare con ogni mezzo il rendimento di produzione e l'utilizzazione delle risorse disponibili. Contribuiscono allo scopo anche i miglioramenti da apportare nel campo della distribuzione e utilizzazione dell'energia elettrica. Si è a tale scopo elaborata tutta una organizzazione intesa a raccogliere e vagliare tutte le proposte che potessero essere avanzate anche dai lavoratori addetti alle imprese, e l'A. ne dà accenno. Viene fatto parola in particolare di alcune di tali proposte che si sono dimostrate assai utili e sono state premiate. Una di esse riguardava modifiche al focolare di una caldaia Dürr e precisamente alla regolazione del vento soffiato sotto la griglia in modo da poter escludere le zone dove in esercizio normale non si esercitava la combustione; con questo artificio furono notevolmente ridotte le perdite per incombusti nel focolare poichè mentre prima si trovava il 31 % di incombusti nelle scorie, dopo la modifica essi si ridussero al 21 %, e anche il rendimento della caldaia risultò migliorato. Il risparmio annuo di carbone è valutato in 1000 tonnellate circa. Una seconda proposta dimostratasi utile riguardava la costruzione di un argano per tendere i conduttori delle linee durante il montaggio di esse; tale argano fu costruito utilizzando un motore in cortocircuito trifase da 1,1 kW, 1420 giri/min e un gruppo riduttore; con un rapporto complessivo 1 : 90 il tamburo dell'argano compie 16 giri/min e sviluppa uno sforzo di 600 kg; la velocità della fune risulta di 10 m/sec; a tamburo pieno la velocità sale a 25 m/s e lo sforzo scende a 250 kg. Il complesso è facilmente trasportabile. La energia può essere derivata da una linea o da una cabina prossima a 380 V. In mancanza di fonti di energia l'argano può essere azionato a mano. Il peso complessivo dell'apparecchio è di 170 kg. L'apparecchio si è dimostrato utilissimo per il montaggio delle linee elettriche risparmiando molta mano d'opera e rendendo assai rapide le operazioni. L'A. riporta poi la indicazione di molte altre innovazioni e proposte ed espone considerazioni e notizie in proposito. *Ri.*

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI
MILANO - VIA MARCONA N. 50 - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE CENTRALE ROMA
AEI
5 APR 1946
* RIVISTE *

E.T.N.A. GENOVA

GENOVA
VIA PETRARCA 2

GRANDI IMPIANTI ELETTRICI
NAVALI E INDUSTRIALI

3 10-25 MARZO 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MILANO — VIA GAETANO CRESPI, 28 — TELEFONI: 296.041/42/43/44

MACCHINARIO ROTANTE Motori elettrici trifasi e monofasi - Alternatori trifasi e monofasi - Motori a corrente continua per trazione - Gruppi convertitori - Dinamo - Elettropompe centrifughe - Elettroventilatori - Elettroseparatori magnetici.

MACCHINARIO STATICO Trasformatori in aria e in olio - Trasformatori per raddrizzatori, per forni elettrici, per saldatura, ecc. - Trasformatori di misura – Piani e mandrini magnetici - Piattaforme di sollevamento - Raddrizzatori termoionici.

(43)

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) — 10-25 Marzo 1945 — N. 3
Pubblicato il 20 Luglio 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO — SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,-; PER I NON SOCI L. 50,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Nuove possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica (C. COSTADONI) . . . . Pag. 54
Sulla prova di corto circuito dei trasformatori (F. CORREGGIARI) » 67
Lettere alla Redazione: Sul calcolo della reattanza nei trasformatori (B. CERRETELLI - V. BIANCHI) . . . . . » 69
Libri e Pubblicazioni . . . . . » 72
Dalle Riviste . . . . . Pag.
Notizie dell'Associazione:
Ai Soci dell'A.E.I. a sud e a nord dell'Appennino . . » 75
Verbale del Consiglio generale . . . . . » 75
Verbale dell'Assemblea generale . . . . . » 76
Necrologio: Ing. Nazzareno Giulidori - Ing. Cristoforo Ginatta » 79

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 21 D

Vita dell'A.E.I. - Le dimissioni della Presidenza.

La spaventosa guerra di cui si è ora conchiusa la fase, diremo così, attiva, ha gravemente influito — e non poteva essere altrimenti — anche sull'andamento normale della nostra antica A.E.I. Sospesa la XLIV riunione annuale — che avrebbe dovuto tenersi a Taormina, nell'autunno del 1939, quando, non belligerando ancora l'Italia, la sventurata Polonia già subiva il suo primo grande martirio — le tre riunioni della Presidenza Cenzato, dovettero tenersi, a Bologna, a Venezia ed a Firenze nella primavera degli anni 1940, 1941 e 1942 anzichè nel precedente autunno. Il triennio della presidenza Cenzato, dovette così protrarsi ad oltre un quadriennio; soltanto nella primavera 1943 essendosi potuto ottenere il Decreto ministeriale che insediava la presidenza Semenza. La nuova presidenza fu ben presto investita in pieno dalla bufera degli avvenimenti. Le incursioni su Milano, la distruzione dell'ufficio centrale di via San Paolo e sopratutto gli eventi del settembre, misero in forse, come non mai, l'avvenire stesso dell'Associazione che perdeva di fatto, una dopo l'altra, le sezioni del Sud e del Centro della penisola. La presidenza Semenza, anch'essa menomata dal perduto contatto con due dei suoi vice presidenti, dovette non solo rinunciare alla riunione annuale, che avrebbe dovuto tenersi nell'ottobre 1943 a Montecatini; ma tendere tutte le sue forze, per mantenere i sempre più difficili collegamenti colle sezioni rimaste, per assicurare in qualche modo la continuità della rivista e, sopratutto, per vincere le gravi difficoltà del bilancio seriamente compromesso.

Dal verbale del Consiglio generale dell aprile 1944 (pubblicato nel fascicolo del 25 aprile 1944) i lettori potranno desumere maggiori notizie in proposito.

La successiva riunione del Consiglio, predisposta prima che gli eventi dello scorso aprile precipitassero, potè tenersi a Milano il 3 maggio u. s. a scartamento assai ridotto. Come si vedrà dal verbale, riportato più avanti, la presidenza Semenza metteva subito in atto un proposito già maturato dopo il 25 luglio 1943, ma ostacolato dal successivo 8 settembre, rassegnando le sue dimissioni, per dar modo ai consoci di nominare una nuova presidenza, con libere elezioni, secondo lo spirito dell'antico statuto dell'A.E.I., modificato d'autorità dal governo fascista nel 1934. Richiamiamo vivamente l'attenzione dei lettori sul saluto che, nella parte ufficiale di questo fascicolo, il Presidente SEMENZA rivolge ai soci di tutta Italia, rendendo conto del suo operato nel travagliato periodo della sua presidenza.

Subito predisposte dall'Ufficio centrale, sono attualmente in corso le due votazioni per referendum, intese a sanzionare il ritorno allo spirito del vecchio statuto, ed a nominare la nuova presidenza generale. Ci auguriamo vivamente, che, nonostante le gravi preoccupazioni del momento e le difficoltà che ancora inceppano le comunicazioni, i soci rispondano numerosissimi all'appello dando così una nuova prova del loro attaccamento alla Associazione e dimostrando di saper apprezzare il riconquistato diritto di intervenire direttamente nello svolgimento della vita sociale.

Gravi assai sono i compiti che attendono la nuova Presidenza. Su di essi ci riserviamo di ritornare fra qualche tempo, quando anche la situazione generale del Paese si sarà meglio chiarita.

Conversione dell'energia.

I problemi della conversione della energia elettrica da una forma ad un'altra hanno assunto nella tecnica moderna uno sviluppo importantissimo mentre la loro importanza si prospetta anche maggiore per l'avvenire.

L'articolo dell'ing. C. COSTADONI che pubblichiamo più avanti si riferisce quindi ad un argomento di grande attualità e lo segnaliamo all'attenzione dei nostri lettori.

Metodi di prova.

L'articolo che il prof. CORREGGIARI presenta oggi ai nostri lettori riguarda un problema la cui soluzione può essere in parecchi casi utile per il costruttore di trasformatori. Le considerazioni che vengono svolte permettono infatti di affermare che è possibile, con qualche accorgimento, determinare sperimentalmente la tensione di corto circuito anche prima di eseguire il montaggio degli avvolgimenti sui rispettivi nuclei.

LA REDAZIONE.

Per il cambio di indirizzo inviare **L. 6.—** unitamente alla fascetta vecchia

Biblioteca nazionale centrale di Roma

NUOVE POSSIBILITÀ DI COMMUTAZIONE NELLA CONVERSIONE DIRETTA DELL'ENERGIA ELETTRICA

CARLO COSTADONI

Comunicazione tenuta alla Sezione di Milano il 19 maggio 1944.

Nella prima parte si espone per sommi capi il problema della commutazione nella generazione della corrente continua, sottolineando i risultati raggiunti nelle macchine rotanti mediante i poli ausiliari e nei convertitori statici mediante le valvole elettriche.

Nella seconda parte si illustrano i concetti fondamentali che hanno permesso a Koppelmann, soprattutto grazie agli induttori di commutazione, di realizzare un nuovo tipo di convertitore diretto: « il convertitore a contatti » del quale si sottolineano le caratteristiche di funzionamento; fra i pregi: l'elevatissimo rendimento, il peso e l'ingombro ridotti; fra gli inconvenienti: la limitata sovraccaricabilità e la insufficiente resistenza ai corti circuiti.

Nella terza parte si fa rilevare innanzitutto come l'applicazione degli induttori di commutazione ai raddrizzatori a vapore di mercurio possa permettere nel campo delle basse tensioni di diminuire la schermatura e conseguentemente la caduta d'arco e nel campo delle altissime tensioni di elevare le prestazioni di corrente.

Si ricorda inoltre come l'applicazione degli induttori di commutazione ai raddrizzatori a secco consenta di ottenere una graduale regolazione della tensione del tutto paragonabile a quella ottenuta mediante le griglie nei raddrizzatori a vapore di mercurio.

Infine si osserva come i tubi ignitroni applicati ai convertitori a contatti potrebbero renderli resistenti contro i sovraccarichi e i cortocircuiti.

Nella quarta parte si descrive un comando elettromeccanico per saldatrice elettrica a resistenza a tratto continuo, studiato dall'autore nel Laboratorio di Elettronica Industriale della Compagnia Generale di Elettricità, il quale è basato sull'impiego di un induttore di commutazione inserito in un particolare circuito a ponte che si ritiene originale.

Si conclude facendo rilevare come una più larga applicazione degli induttori di commutazione dipenderà soprattutto dal miglioramento delle caratteristiche magnetiche e dall'abbassamento del costo dei lamierini speciali al ferro silicio.

PARTE PRIMA

Il problema della commutazione nella generazione della corrente continua.

È ben noto che, se si prescinde dalle possibilità di impiego della macchina aciclica, limitate per altro al campo delle basse tensioni e delle elevate correnti, il problema della generazione della corrente continua è indissolubilmente legato al problema della commutazione.

Infatti, se per utilizzare la superiorità dell'alternatore e del trasformatore rispetto alla macchina aciclica nell'ottenere il valore richiesto dalla tensione, mediante semplice collegamento in serie di più spire di indotto, conviene generare una tensione alternata anche per la produzione della corrente continua, si deve però provvedere a rendere unidirezionale la tensione alternata indotta, mediante una opportuna commutazione ciclica degli avvolgimenti di indotto sul circuito esterno.

Per ciò che concerne i soli avvolgimenti di indotto, il problema della commutazione può essere sostanzialmente ridotto ai due primi schemi fondamentali della fig. 1.

Nello schema aperto o a stella della fig. 1 *a* gli avvolgimenti di indotto vengono inseriti e disinseriti rispetto al circuito esterno con una successione periodica, per cui essi contribuiscono a fornire la corrente continua solamente per una parte più o meno breve di ciascun mezzo periodo: se poi il neutro dello schema aperto costituisce un polo della corrente continua, detti avvolgimenti vengono utilizzati solamente durante parte delle mezze onde di tensione di un dato segno e vengono attraversati da una corrente non solo discontinua, ma anche unidirezionale. A questa categoria appartiene lo schema illustrato in fig. 3.

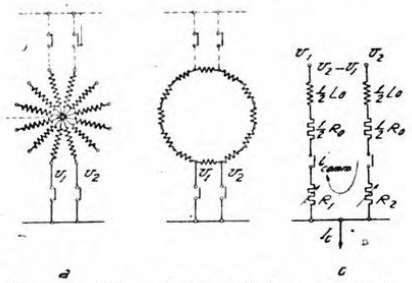


Fig. 1. — Schemi fondamentali di commutazione:

a) Schema aperto o a stella.
b) » chiuso o poligonale.
c) » equivalente di un circuito in commutazione.
$v_1, v_2, v_3, \ldots v_n$ = tensioni di fase.
L_0 = induttanza del circuito in commutazione.
R_0 = resistenza del circuito in commutazione.
$R_1, R_2, R_3, \ldots R_n$ = resistenze di contatto.

Invece nello schema chiuso o poligonale della fig. 1 *b* i diversi lati, che costituiscono l'avvolgimento di indotto, vengono invertiti successivamente due volte al periodo rispetto al circuito esterno, contribuendo a fornire la corrente per l'intero periodo. A questa categoria appartiene lo schema illustrato in fig. 2.

Questa differenziazione, se è fondamentale agli effetti della utilizzazione e della induttanza di dispersione degli avvolgimenti, non varia per nulla la natura intrinseca del problema della commutazione; in particolare il circuito in commutazione può essere schematizzato nel circuito equivalente della fig. 1 *c*. Le singole fasi di un avvolgimento polifase, non importa se chiuso od aperto, con o senza neutro, sono collegate a un polo della corrente continua attraverso a un sistema di interruttori sincroni, non interessa per il momento di quale tipo.

La resistenza R_0 e la induttanza L_0 del circuito in commutazione sono state suddivise in due parti uguali e concentrate nei circuiti di collegamento: in serie agli interruttori sincroni delle fasi 1, 2 ecc. sono state indicate le rispettive resistenze interne R_1, R_2, in generale periodicamente variabili.

Il fenomeno della commutazione nel suo svolgimento ideale può essere sintetizzato nei seguenti punti essenziali:

1) Al termine del periodo di conduzione della fase 1, in generale quando il valore istantaneo della tensione concatenata $v_2 - v_1$ si è annullato, prima dell'apertura dell'interruttore corrispondente, si deve chiudere l'interruttore della fase seguente 2, onde garantire la continuità della corrente di carico i_c e nello stesso tempo evitare all'interruttore della fase 1 l'apertura della corrente di carico i_c sotto la piena tensione v_c. Pertanto per un certo intervallo di tempo sono chiusi contemporaneamente due interruttori adiacenti, i quali mettono in corto circuito le due fasi corrispondenti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

È appunto questa parziale sovrapposizione dei periodi di chiusura dei singoli interruttori, che differenzia la commutazione comunemente intesa da una semplice interruzione e successiva chiusura del circuito d'indotto sul circuito esterno.

2) Durante questo periodo di corto circuito la corrente di carico i_c deve spostarsi dalla fase 1 alla fase 2, in modo che al termine della commutazione, la corrente della fase 1 abbia ad annullarsi e l'interruttore corrispondente abbia ad aprirsi a vuoto, onde evitare la sovratensione di apertura e la conseguente formazione di un arco.

Per ottenere questo spostamento e relativo annullamento, si deve far passare nel circuito in commutazione una corrente di circolazione $i_{comm.}$, la quale abbia nella fase 1 direzione contraria e nella fase 2 direzione concomitante alla corrente di carico i_c, ed abbia inoltre a raggiungere, al termine della commutazione, lo stesso valore della corrente di carico i_c. Questa corrente di circolazione $i_{comm.}$ è determinata dalla seguente equazione alle maglie:

$$v_2 - v_1 = (\tfrac{1}{2} R_0 + R_2)\, i_{comm.} - \tfrac{1}{2} L_0 \frac{d\, i_{comm.}}{dt} + \\ + (\tfrac{1}{2} R_0 + R_1)\,(i_{comm.} - i_c) - \tfrac{1}{2} L_0 \frac{d\,(i_{comm.} - i_c)}{dt}$$

e più semplicemente, supponendo perfettamente costante la corrente di carico ($i_c = I_c$):

$$v_2 - v_1 + (\tfrac{1}{2} R_0 + R_1)\, I_c = (R_0 + R_1 + R_2)\, i_{comm.} - \\ - L_0 \frac{d\, i_{comm.}}{dt}.$$

Dall'esame di questa equazione risulta che:

Al passaggio della corrente di circolazione $i_{comm.}$ si oppone la induttanza del circuito in commutazione L_0.

La resistenza R_0 del circuito in commutazione tende a suddividere la corrente I_c in parti uguali fra le due fasi interessate.

Le resistenze interne degli interruttori R_1 e R_2 tendono a ripartire la corrente in base ai loro valori istantanei; pertanto, se durante la commutazione aumenta la resistenza R_1 e diminuisce la resistenza R_2, la corrente I_c tende a spostarsi progressivamente dalla fase 1 alla fase 2.

Infine sulla corrente di corto circuito $i_{comm.}$ influisce la f.e.m. $v_2 - v_1$ indotta negli avvolgimenti in commutazione, la quale, quando non è nulla, favorisce od ostacola la commutazione stessa a secondo del segno.

Naturalmente, delle due azioni concomitanti nel produrre l'annullamento della corrente nella fase 1, è preferibile affidarsi, se possibile, soltanto alla f.e.m. indotta, perchè le resistenze di commutazione R_1 e R_2 coinvolgono delle perdite a scapito del rendimento.

3) A partire dall'istante in cui, avendo raggiunto la corrente nella fase 2 il valore costante I_c ed essendosi annullata la corrente nella fase 1, si deve aprire l'interruttore corrispondente, il valore istantaneo della tensione concatenata $v_2 - v_1$, diminuita della caduta di tensione $(\tfrac{1}{2} R_0 + R_2) I_c$ attraverso alle resistenze $\tfrac{1}{2} R_0$ e R_2 (la reattanza $\tfrac{1}{2} L_0$ non dà ormai nessuna caduta di tensione essendo la corrente della fase 2 costante) deve essere inferiore a quello della tensione disruptiva dell'interruttore stesso; altrimenti fra i contatti dell'interruttore, mentre stanno aprendosi, si adesca ugualmente quell'arco che si vuole evitare aprendo l'interruttore con corrente nulla.

Si riassume ora brevemente come questo problema della commutazione sia stato praticamente risolto nelle varie macchine di generazione e di conversione entrate nell'uso industriale, in particolare nelle dinamo e nei convertitori diretti alternata-continua.

1) DINAMO.

Nelle dinamo il problema è stato portato ad una buona soluzione per successive approssimazioni. L'avvolgimento di indotto è sempre del tipo poligonale chiuso, il che consente di realizzare una buona utilizzazione dei materiali.

In tal modo, come avviene nello schema della fig. 1*b*, la corrente di carico I_c si suddivide in due parti uguali fra gli avvolgimenti di indotto, i quali, all'infuori del periodo di commutazione, sono attraversati da una corrente di intensità $I_c/2$ che inverte direzione due volte al periodo (fig. 2 *a*).

Seguendo la soluzione che si presenta come la più naturale, il commutatore è tuttora costituito da un collettore a segmenti rotante sull'indotto, il quale viene a strisciare contro le spazzole fisse aventi una resistività elettrica piuttosto elevata; la commutazione presenta così le seguenti due caratteristiche essenziali (fig. 2 *b*):

1°) Se la velocità angolare dell'indotto non varia, la durata della commutazione $T_{comm.}$, data dal rapporto tra la larghezza della spazzola b e la velocità periferica del collettore v_a è costante, ed è quindi indipendente dalle condizioni di carico.

2°) La resistenza di contatto tra ogni spazzola e ogni segmento del collettore varia progressivamente in funzione della loro superficie di contatto.

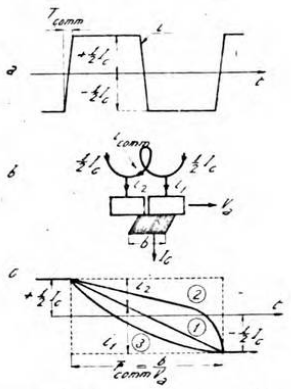


Fig. 2. — La commutazione in una dinamo:

a) Andamento della corrente negli avvolgimenti di indotto.
b) Circuito in commutazione.
c) Diagramma di commutazione.
i = corrente negli avvolgimenti di indotto.
I_c = corrente di carico.
V_a = velocità periferica del collettore a segmenti in cm/sec.
b = larghezza della spazzola in cm.
$T_{comm.}$ = durata della commutazione in sec. ($= b/V_a$).
$i_1 = I_c - i_{comm.}$
$i_2 = i_{comm.}$
(1) Diagramma di una commutazione puramente a resistenza.
(2) Diagramma di una commutazione a resistenza influenzata dalla f.e.m. di autoinduzione.
(3) Diagramma di una commutazione ottima ottenuta mediante i poli ausiliari.

In altre parole, se si applica al collettore a segmenti, colle relative spazzole, la stessa terminologia impiegata per quel sistema di interruttori sincroni che è stato dianzi considerato, si può dire non solo che la manovra di chiusura di ciascun interruttore non è istantanea, ma che la presa di contatto avviene progressivamente e che la resistenza interna diminuisce per tutta la durata della commutazione, fino a raggiungere un valore minimo. Similmente la contemporanea manovra di apertura dell'altra fase avviene con un progressivo aumento della resistenza interna dell'interruttore. Così la resistenza di contatto delle spazzole favorisce lo svolgimento della commutazione.

Non si deve però dimenticare che, in realtà, detta resistenza di contatto ha caratteristica anomala: le perdite

Biblioteca nazionale centrale di Roma

alle spazzole, entro certi limiti di densità di corrente, sono praticamente proporzionali alla corrente e solamente alle densità più elevate aumentano in misura maggiore, il che, mentre non consente un calcolo molto semplice della caratteristica di commutazione, ne attutisce l'efficacia agli effetti di una buona commutazione.

Ora, se le spazzole sono sull'asse neutro del campo principale, la f.e.m. indotta da questo negli avvolgimenti in commutazione è notoriamente nulla, perchè nulla è la variazione di flusso negli avvolgimenti di indotto quando questi vengono a trovarsi sull'asse neutro.

Viceversa il campo trasverso d'armatura induce negli avvolgimenti in commutazione una f.e.m. che agisce in senso ritardante sulla commutazione esattamente come la f.e.m. di autoinduzione, dovuta alla induttanza di dispersione.

Si osservi ora che, se la f.e.m. di autoinduzione e quella indotta dal campo trasverso di armatura fossero nulle, e se fra le resistenze del circuito in commutazione prevalessero quelle delle spazzole, supposte a caratteristica non anomala, si otterrebbe un diagramma di commutazione approssimativamente lineare (vedere il diagramma 1 della fig. 2 *c* dove $i_2 = i_{comm.}$ e $i_1 = I_c - i_{comm.}$ sono le correnti nel circuito esterno in commutazione, mentre $\frac{1}{2} I_c - i_{comm.}$ è la corrente nell'avvolgimento di indotto in commutazione). Ciò risulta dall'equazione alle maglie precedentemente indicata ponendo $v_2 - v_1$ e L_0 uguale a zero, e ponendo R_1 e $R_2 \gg R_0$ inversamente proporzionali alla superficie di contatto tra la spazzola e ciascun segmento.

L'inevitabile presenza della f.e.m. di autoinduzione e di quella indotta dal campo di armatura, opponendosi ad una variazione di corrente, ritarda la commutazione, elevando, al termine della commutazione stessa, la densità di corrente tra la spazzola e il segmento che stanno per separarsi (vedere il diagramma 2 della fig. 2 *c*) e costituisce la causa principale dello scintillio del collettore.

Per ottenere una più favorevole caratteristica di commutazione si è fatta agire sul circuito in commutazione un'apposita tensione di commutazione, ottenuta da principio utilizzando il campo principale con un semplice spostamento delle spazzole in ritardo sul senso di rotazione dell'indotto.

Poichè l'azione ritardante della f.e.m. di autoinduzione è tanto maggiore, quanto maggiore è la corrente di carico, mentre la durata della commutazione deve rimanere costante, lo spostamento in ritardo delle spazzole dovrebbe aumentare col carico, onde utilizzare una intensità più elevata del campo principale, il che costituisce una delle più gravi limitazioni di questo antico sistema di commutazione.

Infatti, poichè questo spostamento delle spazzole in funzione del carico non è praticamente realizzabile colla dovuta prontezza ed esattezza, si deve affrontare il problema della interruzione di una corrente residua; questo è stato risolto in qualche modo impiegando spazzole di elevata resistenza elettrica che avessero a contenere la densità di corrente sullo spigolo di uscita entro limiti tollerabili.

Si deve tuttavia ripetere che non basta interrompere la corrente nell'istante in cui questa passa per lo zero, perchè, se nell'istante di interruzione la tensione di commutazione ha un valore finito e superiore alla tensione disruptiva tra la spazzola e il segmento in progressivo allontanamento, essa provoca la formazione di un arco col relativo scintillamento del collettore.

Per la stessa ragione questa tensione di commutazione può rendere più difficile l'interruzione della corrente residua, potendo favorire, in caso di ritardo delle spazzole superiore del necessario (ipercompensazione), il mantenimento dell'arco d'apertura, con azione concomitante a quella della f.e.m. di autoinduzione.

Insomma con uno spostamento delle spazzole, poichè al termine della commutazione la tensione che appare all'apertura del circuito in commutazione, se si trascurano le resistenze del circuito, corrisponde alla f.e.m. indotta dalla risultante del campo principale e del campo trasverso, la quale non può essere nulla, anzi ha un valore crescente, bisogna contenere questa tensione entro limiti ristretti, il che costituisce un'altra limitazione del sistema.

Le due limitazioni sopra indicate coinvolgono una limitazione della cosidetta « tensione di spazzola » e della « tensione media tra le lamelle » e per conseguenza, essendo il numero massimo di lamelle limitato anche da esigenze costruttive, della potenza massima realizzabile.

Una condizione di commutazione senza confronto migliore è ottenuta mediante l'azione dei poli ausiliari, i quali, eccitati dalla stessa corrente di indotto e aiutati nelle unità più importanti dall'aggiunta di un avvolgimento compensatore del campo trasverso di armatura, provvedono a neutralizzare la f.e.m. indotta dal campo di armatura stesso, e a introdurre una f.e.m. di commutazione proporzionale al carico, che abbia a vincere la f.e.m. di autoinduzione; in tal modo la durata della commutazione risulta, con buona approssimazione, costante, pur restando le spazzole fisse sull'asse neutro del campo principale.

Mediante i poli ausiliari si può anche avvicinarsi alle condizioni ideali di commutazione che si avrebbero quando la densità di corrente allo spigolo di uscita della spazzola si annulla (vedere diagramma 3 della fig. 2 *c*), il che equivarrebbe ad aprire il circuito in commutazione, non solo quando la corrente si annulla, ma anche quando la tensione risultante appare nulla.

Tuttavia, siccome anche coi poli ausiliari, per la saturazione dei circuiti magnetici, e per la caratteristica anomala della resistenza delle spazzole, non è possibile ottenere, in qualsiasi condizione di carico e di sovraccarico, un diagramma di commutazione sempre simile a se stesso e di durata esattamente costante, e d'altra parte non è neppure possibile far coincidere con una precisione assoluta l'istante di annullamento della corrente con quello del distacco della spazzola dal segmento in commutazione, si deve ancora affrontare il problema della interruzione di una corrente residua sotto una tensione residua, la cui soluzione è di nuovo affidata, come nel caso precedente, alla resistenza delle spazzole. Si comprende tuttavia come questa incertezza ponga delle gravi limitazioni alle possibilità di sovraccarico e di potenza delle dinamo; queste, per la presenza del collettore, risultano tecnicamente ed economicamente non confrontabili cogli alternatori, le cui caratteristiche di semplicità veramente insuperabili, hanno reso conveniente generare una tensione alternata anche quando si desidera una corrente continua.

Si deve infine segnalare come l'interruzione di una corrente residua coinvolga non solo le limitazioni di prestazione sopra indicate, ma anche una deformazione sensibile della tensione continua. Le sovratensioni di apertura dei circuiti in commutazione vengono infatti a sovrapporsi alla tensione continua teorica, la quale, per il numero sempre elevato di lamelle per ogni polo, sarebbe invece praticamente costante. Queste sovratensioni di commutazione, le quali contengono frequenze piuttosto elevate e presentano un andamento assai irregolare e variabile in funzione del carico e dello stato delle spazzole, sono percentualmente abbastanza rilevanti e possono a volte recare sensibili disturbi come per es. nelle radioaudizioni.

2) CONVERTITORI DIRETTI « ALTERNATA-CONTINUA ».

Col diffondersi del trasporto dell'energia sotto forma di energia elettrica a corrente alternata trifase, ha acquistato sempre più importanza il problema della conver-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sione di correnti alternate in corrente continua e viceversa.

Per evitare le perdite di una doppia trasformazione, quali si hanno nei gruppi convertitori rotanti col passaggio attraverso l'energia meccanica, era naturale che si cercasse di ottenere una conversione diretta alternata-continua.

In realtà la commutatrice, risultante da una felice riunione delle due macchine formanti un gruppo e funzionante contemporaneamente da motore sincrono e da dinamo, aveva già permesso di ottenere risultati assai importanti: quali un alleggerimento della struttura meccanica, e un aumento del rendimento per la diminuzione delle perdite elettriche e meccaniche.

Ma la commutatrice, considerata sotto l'aspetto che maggiormente interessa questo studio: quello della commutazione, non differisce molto da una dinamo; infatti, in essa, se la commutazione risulta facilitata dalla eliminazione media del flusso trasverso per cui i poli ausiliari assumono proporzioni più modeste e viene a mancare l'avvolgimento di compensazione, in compenso la pulsazione della reazione di rotore toglie ai poli ausiliari la possibilità, anche semplicemente teorica, di ottenere una perfetta compensazione e impone notevoli traferri.

Il problema della commutazione risulta così in complesso praticamente invariato e le potenze massime ottenibili con una commutatrice sono dello stesso ordine di grandezza di quelle ottenibili con una dinamo.

D'altra parte nella commutatrice non si può ancora parlare di una conversione diretta alternata continua; si potrebbe invece parlare di una conversione semidiretta, chè dei fattori caratterizzanti la potenza meccanica intermediaria: coppia e numero dei giri, se la coppia risulta in gran parte compensata nelle cave rotoriche, rimane il numero dei giri a mantenere alla commutatrice la caratteristica di una macchina rotante.

Prima di riassumere gli sforzi eseguiti e i risultati raggiunti nel campo della conversione diretta alternata-continua, si deve osservare che le soluzioni non potevano che scaturire dalla seguente considerazione:

« Come l'applicazione di un commutatore ad una macchina del tipo alternatore ha portato alla dinamo, così l'applicazione di un commutatore a un trasformatore doveva condurre al convertitore diretto alternata-continua ».

Il problema della conversione diretta alternata-continua risulta così semplicemente impostato, ma non poteva essere risolto che dopo avere affrontato e portato felicemente a termine il problema della commutazione.

Appare ora evidente che la possibilità di prevedere organi di commutazione analoghi ai poli ausiliari, peraltro studiati in numerosissimi tentativi tutti praticamente falliti, è da escludersi a priori, perchè si dovrebbe aggiungere al trasformatore una macchina rotante di commutazione: tanto varrebbe attenersi alla commutatrice, come già aveva intuito e segnalato lo Steinmetz.

Per realizzare praticamente il convertitore diretto « alternata-continua » bisognava tuttavia trovare qualche cosa di per lo meno equivalente all'azione dei poli ausiliari, potendosi affermare a priori che non si poteva sperare di superare le condizioni di funzionamento delle dinamo e delle commutatrici se non risolvendo in modo migliore il problema stesso della commutazione.

In realtà nella conversione diretta alternata-continua, si può utilizzare, quale tensione di commutazione, la differenza delle tensioni delle fasi in commutazione, la quale ha un andamento sinusoidale come le tensioni di fase.

Detta tensione di commutazione non dipende però dal carico e pertanto la durata della commutazione stessa aumenta col carico, il che richiede di variare gli istanti di apertura.

In definitiva, finchè si utilizza un commutatore a spazzole, si va incontro alle stesse limitazioni e agli stessi inconvenienti delle dinamo a spazzole regolabili.

Ecco perchè il trasverter, ideato una ventina d'anni or sono nell'intento di convertire potenze notevoli a tensioni elevate, dopo aver sollevato un certo rumore, che oggi appare ingiustificato, tramontò: infatti gli avvolgimenti di compensazione ideati da Hyghfield e Calverley compensavano solamente la induttanza di giogo degli avvolgimenti del trasformatore (1), ma lasciavano immutata la induttanza di dispersione « primario-secondario », per cui il commutatore, risultante dal collegamento in serie di più collettori a segmenti sui quali ruotavano spazzole opportunamente regolate, doveva soddisfare a un compito inadeguato alle sue possibilità: pertanto la meta che gli autori si erano prefissi non potè essere raggiunta.

Una soluzione diversa è data dal convertitore diretto a getto di mercurio, realizzato dal prof. Hartmann di Kopenhagen (1927). Qui il collettore a segmenti è stato sostituito, in modo veramente ingegnoso, da un commutatore multiplo a getti di mercurio in gas rarefatti, cosicchè l'interruzione della corrente residua di commutazione avviene fra elettrodi di mercurio che si rinnovano continuamente.

In sostanza, non su una più accurata compensazione della induttanza delle spire in commutazione, ma su una maggior capacità di rottura e di resistenza all'usura del commutatore si basa il funzionamento di questo convertitore e di altri del genere (vedere per es. quelli a elettrolita). Si può pertanto spiegare come dette soluzioni, anche per le perdite sensibili al commutatore, non si siano industrialmente affermate.

Se quale tensione di commutazione si vuole utilizzare, come appare spontaneo, la differenza delle tensioni delle due fasi in commutazione, per risolvere radicalmente il problema sarebbe stato necessario realizzare un commutatore capace di seguire automaticamente, senza alcuna inerzia e senza limitazioni, le condizioni stesse della commutazione in modo da garantire l'interruzione della corrente esattamente nell'istante in cui questa passa per lo zero e capace inoltre di resistere istantaneamente alla tensione di commutazione che appare necessariamente fra i contatti del commutatore nell'atto dell'interruzione.

Questa soluzione, impossibile ad ottenersi mediante un commutatore elettromeccanico, è data in modo veramente brillante dall'« effetto valvolare » (2) che ha permesso di realizzare i ben noti raddrizzatori. Infatti se ogni morsetto di un avvolgimento polifase di un trasformatore, per semplicità supposto con neutro, viene collegato al morsetto costituente un polo della corrente continua attraverso a una « valvola » elettrica (3), la cor-

(1) Si ricorda che in un trasformatore trifase la induttanza di giogo, spesso chiamata induttanza di sequenza zero è la induttanza di dispersione tra avvolgimenti primario e secondario di fasi diverse: essa è molto maggiore della induttanza di dispersione tra avvolgimenti primari e secondari della stessa fase (induttanza di sequenza diretta o inversa) essendo la mutua induttanza nel primo caso molto minore che nel secondo. (Si ricorda che, per rapporto di trasformazione unitario, l'autoinduttanza L, la mutua induttanza M e la induttanza di dispersione L_D sono legate semplicemente dalla relazione $L_D = L - M$). La induttanza di giogo entra in azione quando il carico è squilibrato, come può avvenire nei convertitori diretti di energia elettrica.

(2) Per « effetto valvolare » si intende indicare la conducibilità interamente o preferenzialmente unidirezionale di alcuni apparecchi elettrici: esso potrebbe essere definito quale rapporto tra i valori maggiore e minore della resistenza opposta da detti apparecchi al passaggio della corrente nei due sensi.

(3) Questo nome oggi in elettrotecnica viene dato soltanto a una particolare categoria di apparecchi basati sull'effetto valvolare: le valvole per le radio, ed è stato applicato meno propriamente ai fusibili di protezione, i quali funzionalmente non hanno una stretta analogia colle valvole di sicurezza della meccanica.

Il nome di valvola elettrica, tolto ai fusibili di protezione, dovrebbe invece essere esteso alle piastre raddrizzatrici a secco e ai tubi ad atmosfera rarefatta.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rente erogata dal carico non può avere che un'unica direzione consentitale dalle valvole stesse: essa in ogni istante viene a passare, se si prescinde dalla durata della commutazione, attraverso a quella fase del trasformatore che presenta, nel senso consentito, la tensione istantanea più elevata: questa tensione infatti si impone sulle tensioni esistenti alle rimanenti fasi collegate tutte tra loro in parallelo attraverso alle singole valvole, sollecitando le rispettive valvole a una tensione negativa data dalla differenza delle tensioni di fase.

In queste condizioni l'effetto valvolare, mentre lascia libero il passaggio alla corrente di carico, impedisce il passaggio di qualsiasi corrente di corto circuito tra le diverse fasi del trasformatore.

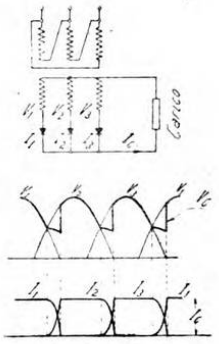


Fig. 3. — Schema di un raddrizzatore trifase:
V_c = tensione raddrizzata.
I_c = corrente raddrizzata.
V_1, V_2, V_3 = tensioni di fase.
I_1, I_2, I_3 = correnti di fase o valvolari.
$V_2 - V_1, V_3 - V_2, V_1 - V_3$ = tensioni di commutazione.

Così per es., con riferimento alla fig. 3, la corrente di carico I_c passa attraverso la fase 2 quando la tensione istantanea di fase v_2 nel senso indicato dall'effetto valvolare della valvola corrispondente è maggiore delle tensioni istantanee di fase v_1 e v_3. Durante il periodo di conduzione della fase 2 le valvole delle fasi 1 e 3 sono sollecitate alle tensioni negative $v_1 - v_2$ e $v_3 - v_2$ di direzione contraria a quella del proprio effetto valvolare.

In un istante successivo la tensione massima viene raggiunta dalla fase seguente 3 e la corrente ora viene prelevata automaticamente da questa con un fenomeno di « commutazione naturale ».

Infatti, quando la tensione istantanea di fase v_3 diventa maggiore della tensione istantanea di fase v_2, tra le fasi 3 e 2 si può stabilire una corrente di corto circuito $i_{comm.}$ in quanto questa, che nella fase 2 ha direzione contraria all'effetto valvolare, viene a sovrapporsi alla corrente di carico I_c; questa corrente di corto circuito può passare attraverso la valvola 2 finchè arriva ad uguagliare la corrente di carico I_c: nel quale istante termina il processo di commutazione e il corto circuito viene automaticamente troncato.

Si deve ora sottolineare che questa commutazione, la quale ha inizio automaticamente nell'istante in cui le tensioni delle due fasi diventano uguali, non è critica come quella della dinamo. La sua durata, funzione della intensità di corrente e della induttanza degli avvolgimenti in commutazione, può prolungarsi senza alcun inconveniente, perchè la valvola che sta per cessare di condurre, non viene a interrompere la corrente che l'attraversa, se non quando la corrente stessa si annulla. Insomma l'effetto valvolare, permettendo alla commutazione di iniziarsi spontaneamente proprio nell'istante in cui la tensione di commutazione diventa positiva e impedendo alla corrente in commutazione di invertirsi, dopo di essere passata per lo zero, troncando il corto circuito interno, realizza in modo sorprendente quel commutatore automatico e senza inerzia, necessario per risolvere radicalmente e integralmente il problema dianzi esaminato.

Unico fra tutte le macchine a commutazione, il raddrizzatore a valvole presenta così la preziosa caratteristica di permettere una commutazione perfetta per qualsiasi condizione di carico, compresa fra il funzionamento a vuoto e il corto circuito.

A tutto svantaggio del raddrizzatore rimane invece il fatto che la resistenza interna delle valvole elettriche (se si escludono quelle a secco per tensioni molto basse) dà origine a delle perdite molto superiori a quelle di un commutatore a spazzole; in realtà nelle valvole la corrente non passa attraverso a un contatto rame-carbone, o simile, ma attraverso a un arco in atmosfera rarefatta provocando una caduta di 10÷30 V; cosicchè il raddrizzatore a valvole, pur essendo una macchina statica, alle basse tensioni non riesce a superare in rendimento le commutatrici e i gruppi convertitori rotanti, i quali in questo determinato campo hanno mantenuto gran parte della loro importanza.

Per la stessa ragione anche alle tensioni medie i raddrizzatori a valvole impiegano schemi aperti con neutro, sopportando le conseguenze di una peggiore utilizzazione del trasformatore, onde incontrare una sola caduta d'arco.

Sottolineate le caratteristiche di commutazione del raddrizzatore rispetto a quelle delle dinamo, può essere infine interessante segnalare l'andamento della tensione raddrizzata.

Si è detto che nelle dinamo, per contenere la tensione di spazzola entro determinati limiti, si deve elevare il numero delle lamelle per polo, cosicchè la tensione continua sarebbe praticamente costante se non venisse deformata dalle sovratensioni di apertura dovute ad una commutazione imperfetta.

In un raddrizzatore, scegliendo un numero di fasi sufficientemente elevato, si può teoricamente ottenere una tensione raddrizzata altrettanto uniforme di quella fornita da una dinamo in condizioni ideali di commutazione.

Praticamente però il problema viene essenzialmente spostato dal diverso rapporto di costo, peso e ingombro di un sistema di valvole elettriche rispetto a un collettore a segmenti. Per motivi economici, sopratutto, si tende a diminuire al minimo il numero delle valvole impiegate, per cui la tensione istantanea fornita da un raddrizzatore si scosta sostanzialmente dal suo valore medio: in particolare la tensione raddrizzata a vuoto risulta costituita dalla linea inviluppo delle semionde di tensione delle diverse fasi.

A carico la tensione raddrizzata viene deformata dal fenomeno della commutazione: più precisamente durante la commutazione la tensione utile agli effetti del raddrizzamento è data evidentemente, se le induttanze delle due fasi in commutazione sono uguali e se si trascurano le resistenze del circuito in commutazione (4), dalla media delle due tensioni delle fasi in commutazione, vale a dire in corto circuito, mentre al termine della commutazione, la tensione raddrizzata assume istantaneamente il valore della tensione della fase che ormai porta corrente da sola: quindi al termine di ogni commutazione si ha un brusco aumento della tensione raddrizzata (osservare la fig. 3), mentre la valvola che cessa di condurre è sollecitata ad un salto di tensione negativa, chiamata « tensione inversa ».

(4) Infatti, tenendo presente l'equazione alle maglie di pag. 55, durante la commutazione tra le fasi 1 e 2, la tensione raddrizzata risulta:

$$v_c = v_1 - \frac{1}{2} L_0 \frac{d\, i_{comm.}}{dt} = v_2 - \frac{1}{2} L_0 \frac{d\, i_{comm.}}{dt} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

In complesso la tensione fornita da un raddrizzatore contiene diverse armoniche, la cui ampiezza aumenta col carico. Queste armoniche però, a differenza di quelle contenute nella tensione di una dinamo, hanno ben determinate frequenze ed un'ampiezza, funzione ben determinata del carico, per cui calcolare un filtro di spianamento è abbastanza facile.

In un raddrizzatore a valvole non comandate (5), iniziandosi la commutazione in modo completamente automatico nell'istante in cui le tensioni delle due fasi in commutazione diventano uguali, il rapporto di conversione tra la tensione alternata di alimentazione e la tensione continua è costante, analogamente a quanto avviene in una commutatrice, per cui non esiste la possibilità di regolare la tensione raddrizzata, se non variando il rapporto del trasformatore di alimentazione. Pertanto un simile raddrizzatore è inferiore a un gruppo convertitore rotante, tutte le volte che si esige una facile regolazione della tensione continua.

Ebbene, l'effetto valvolare comandato alla chiusura (6) ha permesso di colmare anche questa lacuna, ritardando a piacere l'inizio della commutazione sull'inizio della commutazione naturale: in tal modo la tensione raddrizzata risulta diminuita in quanto, ritardando l'inizio della commutazione, resta inserita per tutta la durata del ritardo la fase precedente, la cui tensione istantanea è inferiore alla tensione istantanea della fase di cui si ritarda l'inserzione (fig. 4).

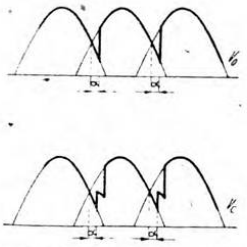


Fig. 4. — Tensione fornita da un raddrizzatore trifase parzializzato: V_0 = tensione a vuoto. V_c = tensione a carico.

Si riesce così ad ottenere una tensione raddrizzata regolabile in modo perfettamente continuo tra il valor massimo e zero, anche se ciò va a scapito del fattore di potenza e della forma della tensione raddrizzata. Un raddrizzatore funzionante ad accensione ritardata si dice parzializzato, intendendosi per parzializzazione il rapporto fra la diminuzione di tensione e la tensione nominale.

Si deve infine segnalare che, ritardando sensibilmente l'inizio della commutazione, ogni fase viene inserita quando la tensione di commutazione ha un valore finito e dello stesso ordine di grandezza di quello della tensione di fase. Ora le valvole comandate alla chiusura permettono questa chiusura sotto tensione senza alcun inconveniente, in quanto l'arco che si forma all'accensione costituisce semplicemente la loro condizione normale di funzionamento.

Non altrettanto tranquillizzante sarebbe invece una chiusura periodica sotto tensione, di un interruttore elettromeccanico.

(5) Nelle valvole non comandate, le quali sono caratterizzate dalla mancanza di organi di comando quali la griglia o l'ignitore, non esiste la possibilità di influire in modo utile sulla loro caratteristica interna.

(6) Nelle valvole comandate alla chiusura si ha la possibilità di impedire l'inizio del passaggio della corrente diretta, ma non appena stabilito detto passaggio non si può più influire sulla loro caratteristica interna.

PARTE SECONDA

Il convertitore a contatti.

Questa era nel 1935 la situazione del problema della commutazione nella generazione della corrente continua, quando il Dott. Floris Koppelmann di Berlino, mentre attendeva nei laboratori della Siemens allo sviluppo di un raddrizzatore meccanico per alta tensione, prendendo lo spunto da alcuni fenomeni contradditori che si erano verificati su un apparecchio sperimentale, metteva a fuoco, colla sua critica penetrante, il punto essenziale della questione e in pochi giorni gettava le basi teoriche di un nuovo sistema di commutazione.

Occorrevano tuttavia alcuni anni di ininterrotti lavori sperimentali per arrivare a risultati pratici di portata industriale.

Soltanto nel settembre del 1940 in una comunicazione tenuta alla Associazione V.D.E. di Berlino, egli dava per la prima volta dettagliate notizie del nuovo tipo di convertitore, da lui chiamato « convertitore a contatti ». Detta comunicazione veniva poi pubblicata sull'*E.T.Z.*, dove i lettori potranno trovare una descrizione di eccezionale interesse, mentre da una successiva memoria apparsa sull'*E.u.M.* potranno apprendere i criteri di massima per il dimensionamento di detto convertitore a contatti (1).

In questa memoria si intende semplicemente segnalare i principi fondamentali del nuovo sistema di commutazione.

Si è già detto che, per risolvere in modo perfetto il problema della commutazione, bisognerebbe interrompere la corrente esattamente nell'istante in cui questa passa per lo zero e nello stesso tempo mantenere la tensione, che appare fra i contatti mentre stanno aprendosi e per tutta la durata della loro apertura, a un valore inferiore alla loro tensione disruptiva.

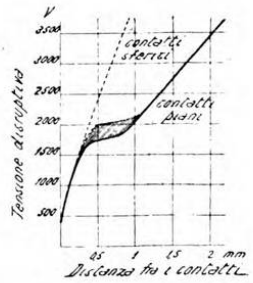


Fig. 5. — Tensione disruptiva di contatti piani a spigoli vivi in funzione della loro distanza. Al disopra della zona tratteggiata prima della scarica ad arco avviene una scarica luminescente.

La tensione disruptiva fra due contatti a distanza fissa, a elettrodi piani e a spigoli vivi, quali sono stati impiegati da Koppelmann, è rappresentata nel suo andamento fondamentale in fig. 5 in funzione della distanza fra i contatti stessi.

Da detta figura si può rilevare che:

1°) Esiste una tensione minima (per l'aria circa 400 V), sotto la quale, anche alle più piccole distanze, non avviene alcuna scarica.

2°) Già con una distanza di 0,1 mm si può raggiungere una tensione disruptiva di circa 1000 V (2000 V con contatti a doppia interruzione), il che significa che con una velocità di apertura dei contatti di 1 m/sec si

(1) FLORIS KOPPELMANN: *Der Kontaktumformer*, « E.T.Z. », gennaio 1941, n. 1, pag. 3; *Die elektrotechnischen Grundlagen des Kontaktumformers*, « E.u.M », 6 giugno 1941, pag. 253.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

può raggiungere una tensione disruptiva di 1000÷2000 V in un tempo di 10^{-4} sec (ca. 2 gradi elettrici a 50 Hz).

In un convertitore alternata-continua, che utilizzasse per la commutazione la differenza delle tensioni di fase, come avviene nei comuni raddrizzatori a valvole, basterebbe pertanto che al termine della commutazione la tensione di commutazione che appare improvvisamente fra i contatti, avesse un valore inferiore a 400 V; con una commutazione a inizio non ritardato si potrebbero così raggiungere facilmente tensioni continue anche di un migliaio di volt.

Senonchè con un interruttore elettromeccanico non è possibile interrompere la corrente esattamente nell'istante del suo passaggio per lo zero. Non appena l'interruttore, affetto inevitabilmente da una certa imprecisione, apre un po' prima o un po' dopo, si deve interrompere una corrente finita, la quale, anche a causa della sua grande rapidità di variazione intorno al valore nullo, assume facilmente un valore che porta alla formazione di un arco.

Ora la formazione di un arco va evitata nel modo più assoluto, sia perchè esso causa la bruciatura dei contatti, sia perchè, per spegnere l'arco formatosi, oltre che provvedere ad un adatto soffio, bisogna allontanare rapidamente i contatti a una distanza senza confronto maggiore di quella indicata dalla fig. 5; il che rende più difficile la realizzazione meccanica.

In pratica però si è trovato che non è assolutamente indispensabile interrompere la corrente esattamente quando essa passa per lo zero; le condizioni per ottenere una interruzione senz'arco non sono così critiche e per esempio sono ancora soddisfatte nei due seguenti casi estremi:

1°) Si può interrompere, senza formazione di un arco, una corrente inferiore a circa 0,5 A purchè la tensione che appare fra i contatti, durante la loro apertura, non abbia a superare un valore intorno ai 300 V.

Occorre infatti un minimo di energia per ottenere la emissione dei termoelettroni dal contatto che dovrebbe funzionare da catodo e per mantenere ionizzato il percorso dell'arco.

2°) Si può interrompere, senza formazione di un arco, una corrente praticamente di qualsiasi intensità, purchè la tensione che appare fra i contatti, durante la loro apertura, non abbia a superare un valore intorno a 10 V. Infatti, anche se uno dei due contatti, per riscaldamento locale dovuto alla elevata intensità di corrente, arriva ad emettere dei termoelettroni, la tensione fra i contatti deve superare un certo valore minimo, affinchè possa avvenire la ionizzazione dell'aria.

Naturalmente in entrambi i casi la tensione che appare fra i contatti, che stanno aprendosi, può successivamente aumentare purchè rimanga in ogni istante inferiore alla tensione disruptiva dei contatti stessi.

Questa tensione disruptiva non coincide però con quella dei contatti aperti con corrente nulla; il riscaldamento dei contatti, in particolare quando si interrompono correnti ragguardevoli, ne diminuisce infatti il valore, che risente anche del tempo che intercorre fra il primo distacco e la distanza raggiunta.

Valutare questa diminuzione non è semplice, ma in pratica si è trovato che l'aumento della tensione fra i contatti che stanno aprendosi sotto carico non deve superare, nei primi istanti, un determinato valore critico: per es., quando si interrompono correnti di alcuni A, questo aumento iniziale di tensione deve essere inferiore a un valore dell'ordine di grandezza di 10^5 V/sec.

Coll'aumentare della distanza fra i contatti, i quali nel frattempo si raffreddano, questo valore può venire elevato; per es. dopo un intervallo di tempo di 10^{-4} sec la tensione disruptiva può diventare paragonabile a quella dei contatti aperti con corrente nulla.

Ma non basta la eliminazione dell'arco per garantire una lunga durata a un contatto che si deve aprire 50 volte al secondo.

Un'altra ragione di logorio dei contatti è dovuta al fatto che, durante la manovra di apertura e di chiusura, quando il contatto non è perfetto, la corrente viene a passare attraverso a pochi punti: ne deriva in essi una elevatissima densità di corrente, la quale, producendo un fortissimo riscaldamento localizzato, può provocare parziale fusione o vaporizzazione del metallo dei contatti.

È pertanto necessario realizzare una terza condizione e precisamente:

3°) Durante l'apertura e la chiusura, la intensità di corrente deve essere contenuta entro un valore accettabile agli effetti del sovrariscaldamento locale, valore che per altro può venire aumentato elevando la rapidità di apertura e di chiusura dei contatti stessi.

Così, anche se la tensione che appare inizialmente ai contatti è inferiore ai 10 V, non è conveniente interrompere correnti elevate, se non eccezionalmente, altrimenti la durata dei contatti risulterebbe eccessivamente breve: in funzionamento continuo, in nessun caso la corrente, durante la manovra di chiusura e di apertura, anche alle massime velocità consentite dai migliori meccanismi impieganti contatti in argento, deve superare qualche decina di A.

Koppelmann, per la realizzazione del suo convertitore a contatti, è partito dall'idea di commutare correnti anche notevoli sotto notevoli tensioni, rimanendo però durante la manovra di apertura e di chiusura dei contatti nei limiti posti dalle tre condizioni sopra indicate.

Egli ha innanzitutto pensato di inserire nei circuiti in commutazione degli induttori facilmente saturabili, i quali, quando la corrente che li attraversa è molto piccola, presentano una grandissima induttanza, mentre, aumentando detta corrente oltre un certo valore, si saturano venendo a presentare una induttanza molto piccola.

Questi induttori, prima che la corrente da commutare si annulli, dissaturandosi e aumentando la induttanza del circuito in commutazione, rallentano moltissimo il fenomeno della commutazione nell'intorno del passaggio della corrente per lo zero, in modo da creare come una pausa a corrente ridotta, facilitando il compito al commutatore chiamato ad aprire i contatti durante la pausa stessa.

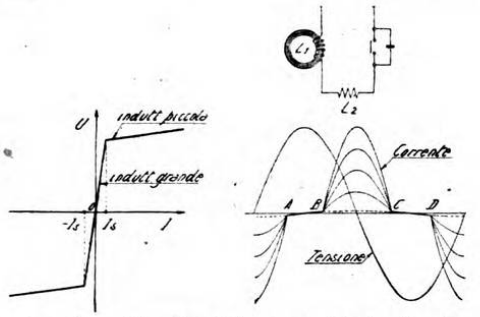


Fig. 6. — Caratteristica di un induttore saturabile (impulso di tensione U in funzione della corrente di magnetizzazione I; I_s = corrente di saturazione), e andamento della corrente in un circuito puramente induttivo per effetto della saturazione; A-B e C-D = zone in cui l'elevato valore di L_1 non saturato impone alla corrente piccole variazioni; B-C e D-A = zone in cui il piccolo valore di L_1 saturato permette alla corrente di subire forti variazioni.

L'azione di questi induttori di commutazione (chiamati da Koppelmann « Schaltdrossel ») risulta chiarita dal comportamento del circuito elementare della fig. 6. Detto circuito è costituito da un induttore facilmente saturabile L_1 e da un induttore non saturabile L_2, che costituisce il carico, alimentati da una tensione alternata

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sinusoidale V di frequenza f attraverso a un interruttore sincrono.

Per semplicità si è supposto che il materiale magnetico costituente il nucleo dell'induttore saturabile non sia sede di perdite e presenti un ginocchio di saturazione ad angolo vivo e che le permeabilità differenziali $\mu' \mu''$ prima e dopo il ginocchio siano costanti. La caratteristica dell'induttore L_1 è pure rappresentata in fig. 6, dove l'impulso di tensione U è riportato in funzione della corrente I. Da essa si può rilevare che, quando la corrente, che attraversa l'induttore, è inferiore alla corrente di saturazione I_s, l'induttore presenta una induttanza L_1' molto maggiore di quella L_1'' (8) che presenta, quando detta corrente supera il valore di saturazione. Il rapporto delle due induttanze L_1'/L_1'' è uguale al rapporto delle due permeabilità differenziali μ'/μ'', se si trascura la induttanza di dispersione dovuta al flusso attraverso l'aria.

Data la presenza dell'induttore saturabile, la corrente alternata non ha una forma sinusoidale, pur rimanendo ogni semionda simmetrica rispetto al valore massimo. Essendo nulla la resistenza del circuito, la componente a frequenza fondamentale della corrente risulta necessariamente in ritardo di 90° sulla tensione, cosicchè la corrente si annulla quando la tensione raggiunge un valore massimo. Nell'intervallo di tempo compreso fra A e B l'induttore L_1 non è saturo, l'induttanza complessiva del circuito $(L_1' + L_2)$ è molto grande e obbliga la corrente a una lenta variazione, secondo la ben nota relazione $v = -(L_1' + L_2)\, di/dt$, seguendo un andamento sinusoidale.

Nell'istante B, quando la corrente i diventa maggiore di I_s, l'induttore L_1 si satura e la sua induttanza da L_1' diminuisce a L_1''. A partire da questo istante la corrente subisce una variazione più rapida secondo la relazione $v = -(L_1'' + L_2)\, di/dt$ seguendo un tratto di sinusoide, spostato sull'asse delle ascisse, finchè nel punto C, scendendo la corrente sotto il valore di saturazione I_s, la variazione di corrente ritorna lenta con un andamento simmetrico a quello della pausa A-B.

Si deve ora osservare che: « finchè la induttanza del carico L_2 è piccola rispetto alla induttanza L_1' dell'induttore non saturato, l'andamento della corrente durante la pausa e la durata della stessa non dipendono praticamente dal valore della induttanza del carico ». Quindi al variare della induttanza del carico, varia solamente l'andamento della corrente fra B e C e fra D e A.

La presenza dell'induttore saturabile mette pertanto a disposizione dell'interruttore una pausa che in seguito verrà chiamata « pausa a corrente ridotta », la quale rimane invariata nella intensità, nella durata e nello sfasamento e non dipende dal carico. Se durante detta pausa il valore istantaneo della corrente « i » è mantenuto inferiore a una decina di ampere, si può così considerare soddisfatta la terza condizione sopra enumerata.

Per impedire la formazione di un arco, che verrebbe necessariamente adescato dalla sovratensione di apertura ed eventualmente mantenuto dalla tensione di alimentazione, bisogna contenere la tensione complessiva, che appare fra i contatti durante l'apertura, entro ben determinati limiti ai quali è stato più sopra accennato.

Basta a questo scopo inserire in parallelo ai contatti un condensatore di capacità C, il quale si carica progressivamente secondo la nota relazione: $dv/dt = i/C_1$ (9).

Se la capacità C_1 del condensatore è sufficientemente grande, finchè l'induttore L_1 non è saturato, l'andamento della corrente i durante la pausa non viene a scostarsi sensibilmente dall'andamento che seguirebbe a contatto chiuso: si capisce così che l'aumento della tensione ai capi dei contatti che stanno aprendosi risulta limitata dalla induttanza L_1' dell'induttore non saturato. Proporzionando opportunamente la capacità del condensatore C_1 alla induttanza L_1' dell'induttore non saturato, si può ottenere che l'aumento della tensione di carica del condensatore sia inferiore al valore limite prefissato. Supponendo, per esempio, che la corrente durante la pausa sia inferiore a 0,5 A e scegliendo la capacità del condensatore di 10 μF si ottiene un aumento di tensione inferiore a 5×10^4 V/sec, il quale, essendo inferiore al valore di 10^5 V/sec dianzi indicato, garantisce che il primo distacco avvenga senza la formazione di un arco.

Non appena l'induttore L_1 si è di nuovo saturato in senso inverso, il condensatore C_1 si carica più rapidamente alla piena tensione per seguire poi un andamento oscillatorio smorzato per altro complicato dalla saturabilità dell'induttore L_1.

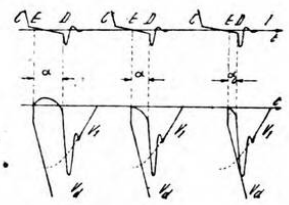


Fig. 7. — Andamento della tensione di carica del condensatore durante l'apertura dei contatti:

E = istante in cui i contatti cominciano ad aprirsi.
I = corrente che attraversa l'induttore saturabile: dopo l'istante E, essa rappresenta anche la corrente di carica del condensatore.
V_1 = tensione di carica del condensatore.
V_d = tensione disruptiva dei contatti durante la loro apertura.

a) I contatti vengono aperti prima che la corrente della pausa si sia annullata. La tensione di carica del condensatore in un primo tempo ha segno contrario di quello della tensione di alimentazione, per poi annullarsi e cambiare segno.

b) I contatti si aprono nell'istante preciso in cui la corrente si annulla. Il condensatore si carica con una variazione di tensione inizialmente nulla.

c) I contatti vengono aperti dopo che la corrente della pausa, annullatasi, si è invertita. Il condensatore si carica fin dall'inizio a una tensione dello stesso segno della tensione di alimentazione.

Se i contatti vengono aperti con un anticipo sull'istante C inferiore ad α_0, la tensione di carica del condensatore viene a superare la tensione disruptiva dei contatti producendo un arco.

Con riferimento alla fig. 7, la quale rappresenta la tensione V_1 e la corrente di carica I del condensatore, si può osservare che:

1) Quanto prima vengono aperti i contatti entro la pausa a corrente ridotta, tanto maggiore è il tempo α, espresso in gradi elettrici, che vien lasciato per la loro apertura, prima che vi appaia la piena tensione e quindi tanto maggiore è la sicurezza di funzionamento. In ogni caso l'apertura dei contatti deve avvenire almeno con un anticipo minimo α_0, sul termine della pausa a corrente ridotta, onde consentire che la tensione di carica del condensatore V_1 sia sempre inferiore alla tensione disruptiva dei contatti V_d. In particolare, per contenere la durata della pausa entro i limiti più stretti possibili, conviene aprire i contatti all'inizio della pausa onde utilizzarla al completo.

Tenuto conto che in un tempo di 10^{-4} sec si può ottenere una tensione disruptiva di circa 1000÷2000 V, se il valore massimo della tensione v non supera tale valore, l'anticipo minimo α_0 potrebbe appunto aggirarsi in teoria su 10^{-4} sec con qualche margine di sicurezza. In pratica si deve tener conto della imprecisione del comando dei contatti, per cui tanto l'anticipo minimo quanto la pausa devono essere sensibilmente maggiori e non inferiori a $3 \div 4 \times 10^{-4}$ sec.

2) Se i contatti vengono aperti, quando la corrente della pausa non ha ancora cambiato segno, la tensione applicata ai contatti, durante la fase di apertura, ha in

(8) In realtà la L_1'' è una induttanza differenziale ($L_1 = dU/dI$), differente dalla induttanza totale ($L_1 = U/I$), ma ciò non importa perchè $U = U_{cost.} + L_1'' I$ e, derivando, la costante non interviene.

(9) Si sottolinea che l'inserzione del condensatore, senza l'ausilio del reattore di commutazione non consente di ottenere un risultato positivo. Numerosi tentativi fatti da tempo al riguardo sono tutti falliti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

un primo momento segno contrario a quello della tensione di alimentazione, poi, invertendosi, diventa dello stesso segno. Questa inversione di corrente e di tensione, dopo l'apertura dei contatti, è sempre favorevole alla sicurezza di funzionamento. E ciò in modo particolare quando, per le notevoli correnti di gioco, non è praticamente possibile, anche impiegando i materiali magnetici migliori, ottenere una intensità di corrente, durante la pausa, inferiore a 0,5 A. In tal caso, se per una eventualità qualsiasi, per esempio a causa di una polverizzazione di un contatto consumato, si adesca un arco, bisogna che questo venga immediatamente spento, se non si vuole compromettere definitivamente i contatti. Ora per ottenere lo spegnimento di un eventuale arco, basta una inversione di corrente. In altre parole la corrente durante la pausa si deve annullare dopo l'apertura dei contatti, il che, nel caso attuale, è opportuno che avvenga anche per utilizzare meglio la intera pausa.

Applicando questi concetti informativi ad un circuito trifase con neutro, ne risulta il funzionamento illustrato in fig. 8. L'avvolgimento secondario a stella di un trasformatore trifase, il cui neutro costituisce un polo della corrente continua, è collegato all'altro polo attraverso a tre induttori saturabili e ad un commutatore sincrono avente tre coppie di contatti, i cui istanti di apertura e di chiusura avvengono con una relazione ben determinata rispetto alle fasi delle tensioni corrispondenti.

In parallelo a ciascuna coppia di contatti è inserito un condensatore adatto.

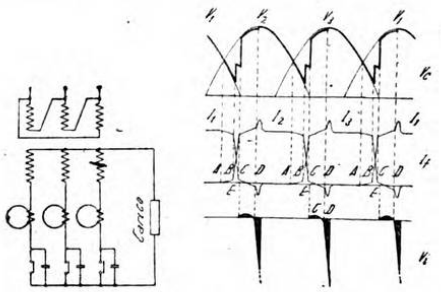


Fig. 8. — Andamento ideale della commutazione in un convertitore a contatti trifase:

A = istante di chiusura dei contatti della fase seguente a quella che conduce corrente, e inizio della commutazione.
B = istante in cui si satura l'induttore della fase che prende corrente.
C = istante in cui si dissatura l'induttore della fase che cede corrente.
D = istante di saturazione dello stesso induttore.
E = istante in cui si inizia l'apertura dei contatti della fase che cede corrente.
V_c = Tensione continua.
I_f = corrente di fase.
V_i = tensione di carica del condensatore o tensione inversa.

Se si inizia a considerare il funzionamento di detto circuito quando, nella direzione prescelta, prevale la tensione v_1 della fase 1, allora i contatti corrispondenti risultano chiusi e la fase 1 conduce la corrente I_c (supposta perfettamente spianata, come avviene in pratica se il carico è fortemente induttivo), fino a quando la sua tensione diventa eguale alla tensione v_2 della fase 2.

In detto istante « A » il commutatore sincrono chiude i contatti della fase 2 e cortocircuita le fasi 1-2, dando inizio alla commutazione.

Durante la commutazione, la tensione v_c utile agli effetti del circuito esterno, se si trascura la resistenza degli avvolgimenti e si tiene conto solamente della induttanza degli induttori saturabili L_1, L_2 e L_3 e della induttanza di dispersione del trasformatore l_1, l_2, e l_3, è data dalle seguenti relazioni:

$$v_c = v_1 + (L_1 + l_1)\frac{di_1}{dt}$$

$$= v_2 + (L_2 + l_2)\frac{di_2}{dt}$$

Essendo ora:

$$\frac{di_1}{dt} = -\frac{di_2}{dt}$$

$$v_2 - v_1 = (L_1 + l_1 + L_2 + l_2)\frac{di_1}{dt}$$

risulta:

$$v_c = v_1 + (v_2 - v_1)\frac{L_1 + l_1}{L_1 + l_1 + L_2 + l_2}$$

Nei primi momenti l'induttore L_2 della fase 2 non è saturo, la sua induttanza è elevata e la commutazione procede lentamente: in detto periodo della commutazione, poichè la induttanza di L_2 non saturato è prevalente rispetto alla induttanza di L_1 saturato ed alle induttanze di dispersione l_1 e l_2 delle fasi 1 e 2 del trasformatore, praticamente tutta la tensione di commutazione risulta applicata a detto induttore L_2 e la tensione utile, agli effetti del circuito esterno, è ancora press'a poco quella della fase 1.

Procedendo la commutazione, nell'istante « B », la corrente di commutazione raggiunge il valore di saturazione I_s e l'induttore L_2 si satura; a partire da questo istante « B », la commutazione diventa molto più rapida e assume il decorso di quella di un raddrizzatore comune, mentre la tensione utile risulta uguale al valore medio delle due tensioni di fase: infatti, essendo $L_1 + l_1 = L_2 + l_2$, $v_c = v_1 + 1/2\ (v_2 - v_1) = 1/2\ (v_1 + v_2)$.

Infine al termine della commutazione nell'istante « C », quando la corrente di commutazione ha raggiunto il valore $I_c - I_s$, l'induttore L_1 della fase 1 si dissatura introducendo a sua volta una pausa a corrente ridotta C-D: durante questo periodo della commutazione la tensione di commutazione risulta applicata quasi integralmente all'induttore L_1 e quindi la tensione utile sul lato corrente continua risulta praticamente uguale a quella della fase 2.

Questo risulta anche dalle relazioni precedenti se si tiene conto che ora $L_1 + l_1$ è preminente rispetto a $L_2 + l_2$.

Durante questa pausa a corrente ridotta C-D nell'istante E vengono aperti i contatti della fase 1, mentre il condensatore, collegato in parallelo ai contatti stessi, assorbe la corrente della pausa e si carica lentamente, contenendo entro limiti modesti la tensione fra i contatti per tutta la durata della pausa a corrente ridotta: solamente al termine di questa pausa, nell'istante D, quando l'induttore L_1 si è di nuovo saturato e in senso inverso rispetto a prima, il condensatore si carica alla piena tensione di commutazione, assorbendo una corrente più intensa, come è indicato chiaramente in fig. 8: poichè la corrente continua I_c è supposta perfettamente spianata, questa corrente di carica del condensatore si ripercuote necessariamente e con segno opposto sulla corrente della fase 2.

Per semplicità in fig. 8 si è trascurato di indicare il fenomeno oscillatorio che segue la carica del condensatore.

L'esame della fig. 8 suggerisce le seguenti considerazioni:

1) La pausa a corrente ridotta $A\,B$, colla quale si inizia la commutazione, ritarda in sostanza lo svolgimento normale della commutazione, con un effetto di parzializzazione analogo a quello del comando di griglia nei raddrizzatori a vapore di mercurio.

Questa pausa alla inserzione $A\,B$, pur corrispondendo a un impulso di tensione metà di quello che genera la pausa a fine commutazione $C\,D$ (infatti la corrente varia da zero a $+I_s$ anzichè da $-I_s$ a $+I_s$), deve essere eliminata o ridotta al minimo per non peggiorare il fattore di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

potenza e per poter utilizzare la piena tensione. Essa può essere eliminata soltanto facendo in modo che, quando viene inserita la fase 2, l'induttore corrispondente L_2 sia già saturato.

2) A differenza di quanto avviene nel circuito della fig. 6, la pausa a corrente ridotta $C\,D$, durante la quale vengono aperti i contatti corrispondenti, presenta uno sfasamento ed una durata che dipendono dalla corrente di carico. Infatti la pausa a corrente ridotta C-D che segue la commutazione con entrambi gli induttori L_1 e L_2 saturati, risente della durata B-C di questa, la quale dipende dalla induttanza complessiva del circuito in commutazione $(L_1+l_1+L_2+l_2)$ e dalla corrente di carico.

Cosicchè la pausa a corrente ridotta C-D viene a spostarsi in ritardo sull'istante E di apertura dei contatti, supposto fisso, tanto più, quanto più è elevata la corrente di carico.

D'altra parte la durata della pausa varia, al variare del suo inizio, in quanto varia la tensione di commutazione.

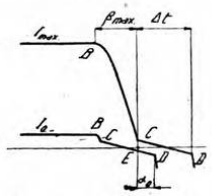


Fig. 9. — Relazione fra la durata della pausa a corrente ridotta Δt, la durata massima della commutazione a induttori di commutazione saturati β_{max} e l'anticipo minimo di sicurezza α_0:

$$\Delta t > \alpha_0 + \beta_{max}\,.$$

Supponendo per il momento che detta durata rimanga costante e con riferimento alla fig. 9, la quale rappresenta due condizioni di commutazione differenti, (massimo sovraccarico I_{max} e minimo carico I_0) si comprende che l'istante di apertura E dei contatti non dovrà essere anteriore, nemmeno coi massimi sovraccarichi, all'istante C con cui inizia la pausa a corrente ridotta, altrimenti i contatti sono chiamati ad aprire una corrente notevole.

D'altra parte nelle condizioni di funzionamento a carico minimo, i contatti devono aprire con un anticipo sulla fine della pausa a corrente ridotta non inferiore ad α_0.

Poichè, passando dalle due condizioni estreme di carico, l'inizio della pausa si sposta praticamente di un angolo corrispondente alla durata della commutazione β_{max}, si può concludere che la durata t di detta pausa C-D deve essere superiore ad $\alpha_0 + \beta_{max}$ con un margine sufficiente per tener conto delle inevitabili inesattezze e irregolarità dell'apparecchio di commutazione.

3) Appare quindi di notevole interesse contenere la induttanza di dispersione del trasformatore e degli induttori di commutazione entro i limiti più ristretti, onde consentire una maggiore sovraccaricabilità, oppure un risparmio nel dimensionamento degli induttori stessi.

4) Esiste un carico minimo I_0, dell'ordine di grandezza di I_s, sotto il quale la commutazione non può svolgersi nel modo sopra illustrato, in quanto le due pause AB e CD vengono a sovrapporsi e si accorciano: se si volesse poter funzionare con sicurezza anche sotto questo carico minimo I_0, bisognerebbe prolungare la durata delle pause aumentando la induttanza degli induttori: è invece più conveniente non scendere sotto il carico minimo, inserendo eventualmente in caso di necessità un carico zavorra equivalente.

Da quanto è stato precedentemente detto appare evidente che dal materiale magnetico degli induttori di commutazione si richiedono le seguenti caratteristiche:

1) Il ginocchio di saturazione deve essere il più spiccato possibile, cioè tale da raggiungere, subito dopo il ginocchio, la induzione di piena saturazione. Con altre parole, la permeabilità differenziale, oltre al ginocchio, deve essere la più piccola possibile, allo scopo di abbassare al più possibile la induttanza degli induttori saturati.

2) L'induzione di saturazione deve essere la più elevata possibile, onde ridurre al minimo le sezioni dei nuclei saturabili, sia per economizzare nell'impiego del lamierino magnetico, sia per ridurre la induttanza in aria [10] degli induttori saturati.

3) La permeabilità differenziale del materiale magnetico, nei tratti del ciclo di magnetizzazione compresi fra due ginocchi, deve essere la più grande possibile, onde elevare al massimo la induttanza degli induttori non saturati e ridurre al minimo il valore della variazione di corrente durante le pause.

4) La permeabilità differenziale da computarsi non è quella che risulta dal ciclo di perdite per così dire statico, rilevato a bassa frequenza e dovuto soltanto alle perdite per isteresi, ma dal ciclo di perdite eseguito a qualche centinaio di Hz, onde realizzare la stessa rapidità di magnetizzazione che si presenta nelle pause.

A queste elevate frequenze le perdite per correnti parassite diminuiscono sensibilmente la permeabilità differenziale ed arrotondano il ginocchio di saturazione; esse pertanto devono essere ridotte al minimo possibile.

Queste quattro condizioni sono soddisfatte, se non in maniera ideale, almeno in maniera utile, da nuclei toroidali avvolti di materiali magnetici speciali al ferro-nichel o al ferro-silicio opportunamente lavorati e trattati termicamente.

La fig. 10 rappresenta le caratteristiche di magnetizzazione statica e a 500 Hz di un ferro nichel speciale che si satura a circa 1,65 Wb/m² e di un ferro silicio speciale che si satura a 2,15 Wb/m².

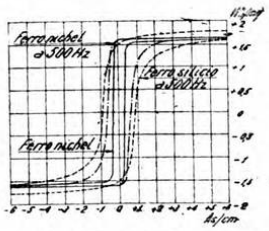


Fig. 10. — Caratteristica di magnetizzazione statica e dinamica di materiali magnetici speciali.

Da esse si può rilevare che il ferro nichel, mentre presenta i ginocchi di saturazione più spiccati, dopo i ginocchi possiede una permeabilità differenziale molto più bassa di quella del ferro silicio: il ferro-nichel è pertanto nettamente più adatto allo scopo, e sarebbe senz'altro da preferirsi, se l'elevato contenuto in nichel non lo rendesse molto più costoso.

Si deve però osservare che il ciclo di isteresi, aumentato dalle correnti parassite, modifica il comportamento degli induttori di commutazione in modo estremamente sfavorevole.

In particolare nei materiali magnetici sopra indicati la induzione di rimanenza è molto elevata ed è praticamente uguale all'induzione del ginocchio di saturazione, cosicchè in ogni pausa la corrente non si inverte a metà impulso di tensione, per esempio a metà delle pause A-B e C-D come avviene nel caso teorico della fig. 6, ma si inverte subito all'inizio di ogni pausa come è rappresentato in fig. 11 *a*.

[10] Per induttanza in aria si intende l'induttanza che presenterebbero gli induttori se avessero al posto del nucleo magnetico l'aria o un materiale a-magnetico equivalente, quale il legno.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Questo anticipo dell'inversione di corrente in un convertitore a contatti causa due gravi inconvenienti:

1) All'inizio di ogni commutazione l'induttore, che è stato allora inserito, si trova magnetizzato in senso opposto: esso richiede pertanto un impulso di tensione doppio per portarsi a saturazione, il che aumenta la durata della pausa *A-B* alla chiusura e raddoppia la caduta iniziale di tensione continua (parzializzazione).

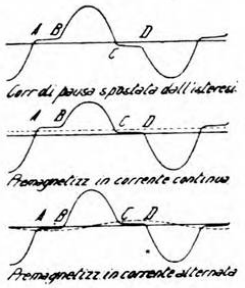


Fig. 11. — Spostamento della pausa a corrente ridotta mediante premagnetizzazione degli induttori di commutazione.

2) Il compito dei contatti all'apertura diventa più gravoso, sia perchè durante la pausa *C-D* la corrente assume dei valori mediamente molto più elevati, sia, e soprattutto, perchè ora viene a mancare quella inversione di corrente dopo l'apertura dei contatti, necessaria per ottenere lo spegnimento di un eventuale arco fra i contatti stessi. Ora anche se questa eventualità fosse poco probabile, in un convertitore bisogna poterla ugualmente dominare, se si vuole raggiungere una sufficiente sicurezza di esercizio.

Basta pensare infatti che ogni coppia di contatti deve eseguire oltre 4 milioni di aperture al giorno.

Mediante un'adatta premagnetizzazione degli induttori saturabili, ottenuta per esempio con un avvolgimento ausiliario, è possibile eliminare gli inconvenienti causati dal ciclo dovuto all'isteresi e alle correnti parassite e nello stesso tempo modificare l'andamento delle pause in modo da realizzare le condizioni più favorevoli per lo svolgersi della commutazione.

Dalla fig. 11 *b* risulta chiaramente l'effetto di una premagnetizzazione costante ottenuta alimentando l'avvolgimento ausiliario con corrente continua. In questo caso ambedue le pause *A-B* e *C-D* di ogni periodo vengono spostate nello stesso senso: in particolare è possibile modificare la pausa *C-D* utilizzata per l'apertura, in modo che l'inversione della corrente avvenga al termine della pausa stessa e nello stesso tempo sia possibile ridurre al minimo il valore della corrente durante detta pausa.

Con una simile premagnetizzazione però la pausa *A-B* alla inserzione mantiene gli stessi inconvenienti peggiorati dall'aumento del valore della corrente.

È possibile invece compensare ambedue le pause ricorrendo a una premagnetizzazione alternata, ottenuta per esempio alimentando l'avvolgimento ausiliario con una corrente alternata sinusoidale di fase opportuna.

Dalla fig. 11 *c* si può rilevare che, mediante detta premagnetizzazione in corrente alternata, la pausa *A-B* alla inserzione resta eliminata in quanto all'inizio della commutazione, quando la corrente è nulla, l'induttore è già saturato dalla corrente di premagnetizzazione.

D'altra parte anche la pausa *C-D* di apertura risulta modificata vantaggiosamente in quanto l'inversione di corrente avviene al termine della pausa stessa.

Un inconveniente della premagnetizzazione a corrente alternata sinusoidale è dovuto al fatto che la premagnetizzazione in ogni mezzo periodo non è costante, ma segue un andamento sinusoidale, cosicchè la compensazione della pausa, il cui sfasamento dipende dalla durata della commutazione e quindi dalla corrente di carico, viene a variare col carico stesso.

Questo inconveniente può essere eliminato impiegando per la premagnetizzazione una corrente alternata a semionda rettangolare o trapezoidale, ottenuta con opportuni accorgimenti sui quali non è qui il luogo di soffermarsi.

Si deve inoltre far rilevare che gli avvolgimenti di premagnetizzazione da prevedersi sugli induttori saturabili sono di dimensioni molto ridotte; in compenso il circuito di premagnetizzazione dei singoli induttori deve contenere una induttanza di stabilizzazione sufficientemente elevata, la quale impedisca alla corrente di premagnetizzazione di venire sensibilmente deformata dalla tensione indotta negli avvolgimenti di premagnetizzazione dalla variazione di flusso degli induttori di commutazione.

Applicando questi criteri si sono ottenute delle interruzioni di corrente con una sicurezza di funzionamento molto elevata, dimensionando la durata della pausa *CD* intorno a 10^{-3} sec.

Risolto così il problema dell'apertura, Koppelmann affrontò anche il problema della chiusura ritardata, onde ottenere in modo semplice una regolazione della tensione continua, analogamente a quanto avviene colla accensione ritardata nei comuni raddrizzatori.

Poichè, ritardando la commutazione, ciascun paio di contatti viene a chiudersi sotto tensione, bisogna allora impedire che la corrente durante la chiusura, e finchè questa non è portata a termine, abbia ad aumentare oltre un determinato valore: altrimenti, come è già stato segnalato, i contatti si logorano per eccessivo riscaldamento locale.

Basta introdurre allo scopo una pausa analoga alla pausa *A-B* della fig. 8, che peraltro è stata invece eliminata per le ragioni già esposte, ma di durata molto più breve (ca. 10^{-4} sec); se non che gli induttori di commutazione sopradescritti non sono efficaci allo scopo: infatti, poichè in parallelo a ciascuna coppia di contatti è collegato direttamente un condensatore, questo si scarica di colpo attraverso ad essi: la corrente di scarica, essendo limitata da una induttanza trascurabile, assume valori inammissibili e porta alla rapida bruciatura dei contatti stessi.

Per rallentare la presa di corrente ed in particolare la scarica del condensatore, Koppelmann ha previsto un apposito induttore saturabile inserito nel circuito di scarica

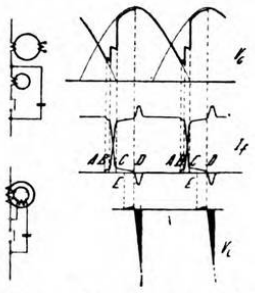


Fig. 12. — Svolgimento della commutazione in un convertitore a contatti munito di induttori per l'inserzione e l'apertura:

V_e = tensione raddrizzata.
I_f = corrente di fase.
V_i = tensione inversa.

del condensatore (vedere fig. 12), il quale introduce alla chiusura una brevissima pausa *A-B* a corrente ridotta, durante la quale i contatti possono chiudersi al completo.

Questo induttore di inserzione deve poi risultare completamente saturato, quando i contatti vengono a loro

Biblioteca nazionale centrale di Roma

volta aperti, onde permettere al condensatore di assorbire immediatamente e al completo la corrente delle pause *C-D* nell'istante stesso della loro apertura.

È importante segnalare che negli induttori di inserzione il ciclo dovuto all'isteresi e alle correnti parassite sposta automaticamente la corrente della pausa in senso favorevole all'effetto che si vuol ottenere.

Si è infatti già visto, illustrando la fig. 11 *a*, che il ciclo di isteresi fa trovare alla inserzione l'induttore di inserzione magnetizzato in senso inverso.

Al contrario al termine della commutazione, quando l'induttore di commutazione introduce la pausa *C-D*, per tutta la durata di detta pausa, l'induttore di inserzione, non essendo premagnetizzato, si trova ancora saturato.

Eventualmente anche gli induttori di inserzione possono venire leggermente premagnetizzati, per diminuire la intensità della corrente delle pause di inserzione *A-B*. Per risparmiare l'avvolgimento principale essi possono venire conglobati negli induttori di commutazione come è indicato in fig. 12.

La breve durata della pausa *A-B* di chiusura (10^{-4} sec) molto minore di quella *C-D* di apertura (10^{-3} sec) rende però molto più rapida la variazione di magnetizzazione dei nuclei corrispondenti.

La deformazione del ciclo di isteresi per effetto delle correnti parassite risulta così molto più accentuata, il che richiede dai materiali magnetici perdite per correnti parassite molto basse.

Mediante questi induttori di inserzione Koppelmann è riuscito ad eseguire delle inserzioni sotto tensioni di 300÷400 V per coppia di contatti. Utilizzando contatti a doppia interruzione, si possono così raggiungere gli 800 V che costituiscono, si può dire, il limite superiore che interessa nel campo delle medie tensioni.

Risolto così interamente il problema concettuale della commutazione, Koppelmann affrontò in modo originale anche quello pratico della realizzazione del commutatore.

Poichè le aperture non avvengono sotto carico, egli ha potuto eliminare il collettore a segmenti e le spazzole di carbone, sostituendo i contatti striscianti con contatti metallici ricoperti d'argento, e ad elevata pressione specifica.

Come è noto, i contatti d'argento sono i più resistenti all'usura per la loro ottima conducibilità termica ed elettrica e per la loro difficoltà ad ossidarsi.

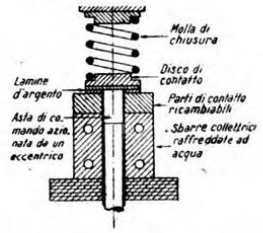


Fig. 13. — Disegno schematico di un tipo di contatto a pressione a doppia interruzione, utilizzato da Koppelmann per correnti fino a 5000 A:

L'apertura e la chiusura del disco di contatto avvengono con una velocità finita e imposta dall'asta di comando. Per ottenere un funzionamento sicuro senza saltellamento ed una lunga durata, la massa del disco di contatto deve essere la più piccola possibile.

Essi danno delle cadute di tensione di pochi mV, cosicchè le perdite al commutatore sono praticamente inesistenti.

Per l'azionamento dei contatti a pressione egli è ricorso ad un comando ad eccentrici, analogo a quello delle valvole dei motori di automobile (vedere fig. 13).

Questo tipo di costruzione gli ha permesso di ottenere delle velocità di apertura e di chiusura sufficientemente elevate, pur impiegando piccole masse in movimento, che garantiscono un funzionamento senza saltellamenti ed una lunga durata.

D'altra parte una simile costruzione richiede minore spazio, permette una più facile regolazione e un più comodo ricambio.

Una volta scelta questa strada, il convertitore a contatti ha potuto usufruire integralmente e immediatamente dell'esperienza fatta nella tecnica dei motori a scoppio, il che ha permesso di realizzare in breve volger di tempo, dopo la messa a punto del problema della commutazione a induttori saturabili, delle unità di notevole potenza (fino a 10 000A-600 V).

Quantunque i buoni risultati di questi meccanismi siano stati di fondamentale importanza nello sviluppo del convertitore a contatti, si sorvolano i loro particolari costruttivi sia perchè si è inteso sottolineare soprattutto il problema della commutazione in se stesso, sia perchè oggi non si può ancora dire che la soluzione inizialmente scelta sia l'unica o la migliore. Koppelmann, che dal 1940 lavora su questi argomenti nei laboratori di ricerche dell'A.E.G. di Berlino, ha sviluppato altri dispositivi meccanici, sotto diversi aspetti più originali, i quali forse potranno costituire una soluzione più brillante e più conveniente anche se ora, in parte per il rallentamento del lavoro dovuto alle attuali difficoltà, è prematuro pronunciarsi in merito.

Si ritiene invece di interesse più generale soffermarsi ancora sulle caratteristiche elettriche e sulle attuali possibilità di applicazione del convertitore a contatti.

Poichè i contatti metallici danno una caduta inapprezzabile e possono essere facilmente isolati fra di loro, si presta particolarmente allo scopo lo schema a ponte trifase, ben noto agli specialisti per le seguenti preziose prerogative (fig. 14):

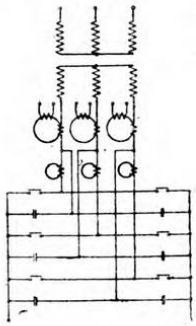


Fig. 14. — Schema elettrico di un convertitore a contatti in collegamento a ponte trifase.

1) il trasformatore, del tipo semplicemente trifase, ha una potenza di tipo solamente del 5 % superiore alla unità (11);

2) l'ondulazione della tensione continua e la reazione sulla rete a corrente alternata corrispondono allo schema esafase;

3) impiegando due convertitori di questo tipo allacciati a due secondari di uno stesso trasformatore di cui uno a stella e l'altro a triangolo e collegati in serie o in parallelo, si può facilmente ottenere una caratteristica dodecafase;

4) gli induttori di commutazione possono venire utilizzati a piena onda; in tal caso, scegliendo una durata della pausa di 10^{-3} sec riferita al valor massimo della

(11) La potenza di tipo è data dal rapporto tra la potenza apparente del trasformatore e la potenza convertita.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tensione di commutazione, la potenza di tipo dei tre induttori necessari per lo schema trifase a ponte è di 0,15, anzichè di 0,21 corrispondente allo schema trifase con neutro.

Utilizzando a piena onda gli induttori di commutazione, la durata della pausa a corrente ridotta non può essere però scelta a piacere, ma è soggetta a limitazioni ben precise.

In particolare nello schema trifase a ponte, poichè la durata teorica della corrente di carico che attraversa ogni coppia di contatti è di 120° elettrici, restano a disposizione per la commutazione e per la pausa a corrente ridotta solamente 60° elettrici. In tal caso diventa assolutamente necessario ridurre al minimo la induttanza di dispersione del trasformatore e la induttanza degli induttori saturati, adoperando del materiale magnetico adatto, onde contenere nei più stretti limiti la durata della commutazione.

Adoperando invece sei induttori di commutazione utilizzati a mezza onda si è liberi di scegliere la pausa che si vuole. La loro potenza di tipo risulta però, a pari durata della pausa, $\sqrt{2}$ maggiore, come per il corrispondente schema con neutro.

Comunque la potenza di tipo del trasformatore, completo di induttori di commutazione, risulta inferiore a quella di qualsiasi trasformatore per raddrizzatore con neutro [12]; quindi, supponendo che la potenza richiesta per il funzionamento del commutatore meccanico sia paragonabile a quella assorbita dagli ausiliari di un raddrizzatore a vapore di mercurio, si può concludere che nel convertitore a contatti si guadagna in rendimento tutta la caduta di arco del raddrizzatore a vapore di mercurio.

Descritto così sommariamente le caratteristiche funzionali del convertitore a contatti, è interessante accennare al suo comportamento in esercizio.

Il convertitore a contatti innanzitutto, a differenza dei raddrizzatori a vapore di mercurio, e similmente alle macchine a collettore, presenta una commutazione regolare solamente entro determinate condizioni di carico: in particolare, oltre un certo carico, la durata della commutazione a induttori saturati diventa così lunga da non essere ancora terminata nell'istante di apertura dei contatti: questi sono chiamati allora a interrompere una corrente notevole, il condensatore non è in grado di contenere la tensione nei limiti voluti e si forma un arco; questo arco non ha bisogno di essere spento, perchè viene immediatamente eliminato dalla chiusura successiva dei contatti stessi; questi però restano danneggiati.

Tuttavia, finchè non si supera il massimo carico ammissibile, la sicurezza di commutazione del convertitore a contatti, cosa veramente eccezionale, agli alti carichi è maggiore che ai bassi carichi; infatti agli alti carichi, essendo la durata della commutazione maggiore, la pausa di corrente che segue l'apertura dei contatti è più lunga, permettendo ai contatti stessi di aprirsi maggiormente prima che venga applicata la tensione inversa.

Se viceversa il carico scende sotto il valore minimo consentito dalla durata delle pause, la tensione inversa supera la tensione disruptiva fra i contatti non ancora completamente aperti, e l'arco che si forma viene a durare per tutto il periodo durante il quale il contatto resta aperto, producendo un corto circuito analogo a quello causato da un arco di ritorno in un raddrizzatore a valvole.

Il convertitore a contatti, essendo un convertitore sincrono, è sensibile alle dissimetrie della tensione di rete. In particolare all'abbassarsi della tensione di una fase (come può avvenire per un corto circuito transitorio in linea), la tensione di commutazione viene a variare in valore e fase, ritardando o accelerando la commutazione stessa.

Nel primo caso si produce un'apertura sotto carico come per eccessivo sovraccarico, nel secondo caso si forma un arco di ritorno per insufficiente margine di sicurezza all'apertura.

Archi di ritorno possono anche manifestarsi quando il convertitore alimenta una f.c.e.m. (per es. un motore ad eccitazione separata) ed è allacciato ad una rete a corrente alternata, soggetta a notevoli sbalzi di tensione. In tal caso la corrente di carico, determinata dalla differenza delle due tensioni, subisce delle variazioni percentualmente più forti, e può diventare intermittente e perfino invertirsi: la commutazione non può allora avere il suo regolare svolgimento e porta a un arco di ritorno.

Un arco di ritorno deve essere immediatamente eliminato perchè provoca la bruciatura dei contatti.

Per questo Koppelmann ha studiato un contattore ultrarapido, il quale, in caso di arco di ritorno, cortocircuita il trasformatore a valle degli induttori, mentre nel frattempo si aprono i due interruttori lato c.a. e lato c.c.

In un cortocircuito di questo genere gli induttori di commutazione, se dimensionati per una pausa di 10^{-3} sec a 50 Hz limitano la corrente di corto circuito a circa 1/3, della corrente di corto circuito del solo trasformatore, il che rende tollerabile gli sforzi elettrodinamici.

Si riesce così a limitare il danno ai contatti che comunque sono facilmente ricambiabili. D'altra parte il convertitore a contatti può venire fornito di un commutatore meccanico di riserva, dato che il costo di questo non rappresenta che una percentuale limitata del costo del convertitore completo.

In conclusione il convertitore a contatti ha permesso di realizzare tecnicamente la conversione diretta alternata-continua.

Esso presenta caratteristiche di ondulazione e fattore di potenza (= fattore di sfasamento × fattore di deformazione) paragonabili a quelli di un raddrizzatore a vapore di mercurio con comando di griglia: per l'arrotondamento dei ginocchi di saturazione, la tensione raddrizzata e le correnti di fase non contengono però le armoniche più elevate.

Esso quindi non dà alcun disturbo ad alta frequenza.

Il convertitore a contatti permette di realizzare dei rendimenti molto elevati e nettamente superiori a quelli dei gruppi convertitori rotanti e dei raddrizzatori a vapore di mercurio nel campo delle basse e medie tensioni.

Il suo campo di applicazione più promettente appare quello delle medie ed alte potenze alle basse e medie tensioni; in particolare balzano in primo piano le applicazioni elettrolitiche, campo notevolmente importante se si pensa che per es. in Germania il consumo della corrente continua per scopi elettrolitici è il doppio del consumo di tutti gli altri utilizzatori a corrente continua.

L'impiego dei convertitori a contatti dovrebbe permettere agli impianti elettrolitici di scegliersi tensioni più basse delle attuali, onde ottenere costi di impianti e condizioni di esercizio più favorevoli.

Per i grandi impianti di elettrolisi va infine segnalata la possibilità di applicare i convertitori a contatti direttamente agli alternatori di una centrale apposita, il che garantirebbe una maggior sicurezza di funzionamento e potrebbe rendere possibile la regolazione della tensione, regolando direttamente il campo dell'alternatore.

(continua)

[12] La potenza di tipo di un trasformatore per raddrizzatore con neutro col secondario collegato a doppia stella con bobina di assorbimento è = 1,32 (bobina di assorbimento compresa); col secondario collegato a tripla stella la potenza di tipo è = 1,42.

Per il cambio di indirizzo inviare **Lire 6,—** unitamente alla fascetta vecchia.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

SULLA PROVA DI CORTO CIRCUITO DEI TRASFORMATORI

FRANCESCO CORREGGIARI

Considerazioni teoriche e risultati sperimentali dimostrano che la prova di corto circuito eseguita sugli avvolgimenti non montati sul nucleo dà risultati praticamente coincidenti con quelli della prova eseguita sul trasformatore completo, a condizione che (nel caso di avvolgimenti concentrici) venga alimentato l'avvolgimento esterno e posto in corto circuito l'interno.

1) La prova di corto circuito dei trasformatori si eseguisce ordinariamente dopo aver montato gli avvolgimenti sul nucleo magnetico. Poichè però durante la costruzione può presentarsi l'opportunità di conoscere il valore della tensione di corto circuito prima di procedere al montaggio, si presenta spontanea la questione se sia possibile utilizzare i risultati di una prova di corto circuito eseguita sugli avvolgimenti non montati sul nucleo. Scopo di questa breve nota è di segnalare che la risposta al quesito, nel caso di avvolgimenti concentrici (che è il più frequente), è affermativa, a condizione però che durante la prova senza nucleo venga alimentato l'avvolgimento esterno e posto in corto circuito l'interno: così procedendo, i risultati della prova senza nucleo sono praticamente coincidenti con quelli della prova col nucleo; se invece si alimenta l'avvolgimento interno e si pone in corto circuito l'esterno, la tensione di corto circuito senza nucleo risulta sensibilmente minore di quella col nucleo.

Quanto sopra accennato può essere previsto in base a considerazioni teoriche ed è confermato dall'esperienza. Le considerazioni teoriche si possono fondare sull'esame dell'andamento dei flussi in condizioni di corto circuito oppure sul confronto dei valori relativi delle autoinduttanze dei due avvolgimenti e della loro mutua induttanza.

2) Considerando l'andamento dei flussi in condizioni di corto circuito si ha che:

— alimentando l'avvolgimento esterno e cortocircuitando l'interno la quasi totalità del flusso (v. fig. 1) percorre praticamente l'intercapedine fra i due avvolgimenti e lo spazio esterno ad essi: non essendovi quindi flusso apprezzabile all'interno dell'avvolgimento interno non vi può essere sensibile differenza di comportamento a seconda che all'interno vi sia ferro oppure no; in quanto al tratto di percorso all'esterno la relativa riluttanza è in entrambi i casi molto bassa rispetto a quella del percorso nell'intercapedine (quando vi è il nucleo, essendo alta la permeabilità del materiale; se senza nucleo, essendo ampia la sezione di passaggio del flusso) e inoltre subisce una variazione molto piccola passando da una condizione all'altra (poichè la presenza del ferro influisce solo su piccole frazioni del tronco di circuito magnetico considerato); ne segue che la variazione della riluttanza dell'intero circuito magnetico conseguente all'eliminazione del nucleo risulta assai piccola e che quindi la reattanza di corto circuito risulta praticamente la stessa sia con sia senza ferro;

— alimentando l'avvolgimento interno e cortocircuitando l'esterno la quasi totalità del flusso (v. fig. 2) percorre l'intercapedine e lo spazio interno ad entrambi gli avvolgimenti; l'eliminazione del nucleo di ferro ha quindi qui poca influenza per ciò che riguarda lo spazio esterno ad entrambi gli avvolgimenti; dà invece luogo ad un sensibile aumento di riluttanza del tratto all'interno degli stessi (essendo in questo caso poco diversa la sezione di passaggio nelle due condizioni ed essendo invece molto diversa la permeabilità); poichè inoltre la riluttanza del tratto interno in assenza del nucleo non può più essere ritenuta trascurabile rispetto a quella dell'intercapedine (in causa della relativamente piccola differenza delle sezioni di passaggio) ne segue che la riluttanza complessiva senza nucleo può risultare sensibilmente maggiore che col nucleo e quindi la reattanza di corto circuito nella prima condizione inferiore a quella nella seconda.

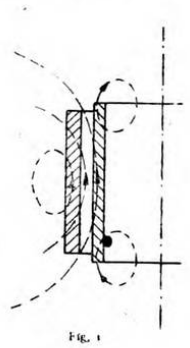


Fig. 1

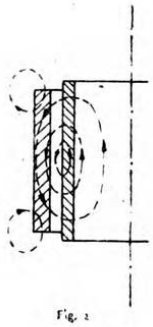


Fig. 2

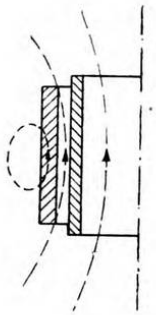


Fig. 3

Fig. 4

3) Considerando invece le induttanze e le mutue e supponendo per semplicità che i due avvolgimenti abbiano lo stesso numero di spire si ha che:

— tanto con il nucleo quanto senza nucleo sono abbastanza bene verificate le seguenti relazioni:

$$L_e > M \quad ; \quad L_i \cong M$$

$$l_e = L_e - M \neq 0 \quad ; \quad l_i = L_i - M \cong 0$$

(delle quali ci si può rendere conto considerando l'andamento dei flussi a vuoto; vedansi ad esempio le figure 3 e 4 che si riferiscono alla condizione senza nucleo);

— il circuito equivalente assume approssimativamente l'aspetto rappresentato in fig. 5;

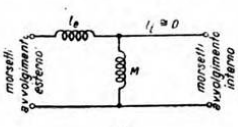


Fig. 5

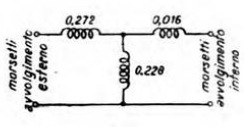


Fig. 6

Biblioteca nazionale centrale di Roma

— le induttanze di corto circuito alimentando l'avvolgimento esterno o l'interno valgono rispettivamente:

$$l_{ce} \cong l_e \quad ; \quad l_{ci} \cong l_e \frac{M}{L_e} \; ;$$

— nella condizione con nucleo di ferro M e L_e sono entrambi molto grandi rispetto a l_e e quindi pochissimo diversi l'uno dall'altro; ne segue che:

$$l_{cef} \cong l_{cif}$$

proprietà ben nota e largamente confermata dall'esperienza;

— nella condizione senza nucleo di ferro l_e rimane praticamente la stessa che col nucleo, mentre M e L_e risultano molto più piccoli che col nucleo e quindi sensibilmente diversi l'uno dall'altro; ne segue che:

$$l_{cea} > l_{cia} \; ;$$

— confrontando i risultati relativi a ciascuno dei due avvolgimenti nelle due condizioni risulta:

$$l_{cea} \cong l_{cef} \quad ; \quad l_{cia} < l_{cif}$$

come in base alle considerazioni fondate sull'esame dell'andamento dei flussi.

4) Tutte le precedenti considerazioni presuppongono che le resistenze siano nulle; in pratica però possono ritenersi accettabili anche nelle condizioni reali di resistenze non nulle, dato che queste sono piccole rispetto alle reattanze.

Le conclusioni a cui si è giunti valgono naturalmente solo per le reattanze; è però facile persuadersi che conclusioni analoghe si ottengono anche per le resistenze. Basta, a tale scopo, esaminare quali sono le correnti che percorrono il primario e il secondario durante le varie prove di corto circuito considerate.

Nel caso di prova con ferro, dato che (sempre nell'ipotesi di avvolgimenti con lo stesso numero di spire) l'impedenza derivata del circuito equivalente è molto grande rispetto alle due impedenze in serie, si ha che entrambi gli avvolgimenti sono percorsi dalla stessa corrente sia alimentando l'avvolgimento esterno sia alimentando l'interno.

Nel caso di prova senza ferro, essendo l'impedenza derivata dello stesso ordine di grandezza dell'impedenza in serie relativa all'avvolgimento esterno ed essendo invece l'impedenza in serie relativa all'avvolgimento interno assai piccola rispetto ad entrambe le precedenti, ne segue che se si alimenta l'avvolgimento esterno i due avvolgimenti sono percorsi dalla stessa corrente (come nel caso di prova con ferro); se invece si alimenta l'interno, il secondario (esterno) è percorso da una corrente sensibilmente minore di quella del primario. Concludendo, in quest'ultimo caso si otterrà una resistenza equivalente di corto circuito sensibilmente minore di quella relativa agli altri tre casi, i quali daranno invece risultati praticamente coincidenti fra di loro.

5) I risultati sperimentali raccolti nelle seguenti tabelle confermano in modo più che soddisfacente le previsioni della teoria. Le prove sul primo trasformatore sono complete; quelle sul secondo e sul terzo sono state eseguite solo alimentando l'avvolgimento esterno; quelle sul quarto riguardano invece solo il comportamente senza ferro. Queste ultime non servono quindi a dimostrare l'identità di risultati delle due prove di corto circuito alimentando l'avvolgimento esterno; esse confermano però che le due prove senza nucleo dànno impedenze di corto circuito che non stanno, come al solito, nel rapporto del quadrato del numero delle spire. Nella prima e nella quarta prova Z_0 ed R_0 rappresentano l'impedenza e la resistenza equivalenti, riportate a 1000 spire.

I. – Trasformatore trifase - 8 000 kVA - 50 p/s - 42/15 kV - collegamento stella-stella - avvolgimento esterno: 600 spire - avvolgimento interno: 250 spire.

Prove di corto circuito, su una colonna, a 42 p/s:

Avvolgimento alimentato	Condizione	V	I	P	Z_c	R_c	Z_{oc}	R_{oc}
Esterno	Con ferro	520	46	3 950	11.3	1.87	23.9	3.9
		585	51.5	4 900	11.4	1.85		
	Senza ferro	500	44	3 600	11.4	1.86	24.0	3.9
		546	48	4 300	11.4	1.87		
Interno	Con ferro	208,5	142	4 720	1.47	0.234	23.6	3.8
		233	158	5 920	1.48	0.237		
	Senza ferro	133	138	2 380	0.90	0.125	15.6	2.0
		158	160	3 150	0.99	0.123		

II. – Trasformatore trifase - 10 000 kVA - 42 p/s - 65/24 kV - collegamento stella-stella.

Prove di corto circuito, su una colonna, alimentando l'avvolgimento esterno:

Condizione	V	I	P	Z_c	R_c
Con ferro	786	61	9 000	12.9	2.42
	900	71	12 000	12.7	2.38
Senza ferro	813	63.5	9 000	12.8	2.24
	952	74	12 600	12.9	2.30

III. – Trasformatore trifase - 3000 kVA - 50 p/s - 34.5/9.5 kV - collegamento stella-stella.

Prove di corto circuito, su una colonna, a 42 p/s, alimentando l'avvolgimento esterno:

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Condizione	V	I	P	Z_c	R_c
Con ferro	482	30.7	3 170	15.7	3.36
	676	43.5	6 400	15.5	3.39
Senza ferro	414	27.0	2 480	15.3	3.40
	666	41.8	6 300	15.9	3.60

IV. – Trasformatore trifase - 6 000 kVA - 42 p/s - 130/10 kV - collegamento stella-stella - avvolgimento esterno: 2010 spire - avvolgimento interno: 158 spire.

Prove di corto circuito, su una colonna, senza ferro:

Avvolgimento alimentato	Z_c	Z_{oc}
Esterno	300	74.1
Interno	0.935	37.4

6) Per confermare quantitativamente alcune delle considerazioni svolte nel § 3, si riportano anche i risultati delle prove a vuoto effettuate, sempre senza ferro, sul trasformatore IV, risultati che permettono, unitamente a quelli delle prove di corto circuito di cui sopra, di ricavare gli elementi del circuito equivalente. Tali risultati sono:

Avvolgimento alimentato	Z_v	Z_{ov}
Esterno	534	132
Interno	1.61	64.5

Essendo, in tutte le prove sopra riportate, il fattore di potenza molto basso (e precisamente compreso fra 0.1 e 0.2), si può supporre $X \cong Z$, e quindi calcolare le induttanze a vuoto:

$$L_{oe} \cong \frac{Z_{ove}}{2\pi f} = 0.500 \quad ; \quad L_{oi} \cong \frac{Z_{ovi}}{2\pi f} = 0.244$$

e le induttanze equivalenti in corto circuito:

$$l_{oce} = L_{oe} - \frac{M_o^2}{L_{oi}} \cong \frac{Z_{oce}}{2\pi f} = 0.281$$

$$l_{oci} = L_{oi} - \frac{M_o^2}{L_{oe}} \cong \frac{Z_{oci}}{2\pi f} = 0.142 .$$

Si deduce poi:

$$M_o = \sqrt{L_{oe}\,(L_{oi} - l_{oci})} = \sqrt{L_{oi}\,(L_{oe} - l_{oce})} \cong 0.228$$

e infine

$$l_{oe} = L_{oe} - M_o \cong 0.272 \quad ; \quad l_{oi} = L_{oi} - M_o \cong 0.016.$$

Il relativo circuito equivalente è rappresentato in fig. 6; esso conferma le previsioni, e principalmente che l_{oi} è molto minore di l_{oe} e che L_{oe} è sensibilmente diversa da M_o (nel caso particolare qui considerato è più che doppia).

LETTERE ALLA REDAZIONE

Sul calcolo della reattanza nei trasformatori.

Dopo quelle pubblicate nel numero scorso, i consoci Cerretelli e Bianchi ci hanno inviato altre lettere sullo stesso argomento. Pubblichiamo oggi anche queste, ma poichè la questione risulta ormai sufficientemente lumeggiata nei suoi vari aspetti, la Redazione ritiene definitivamente chiusa la cortese discussione.

Mi sia consentita una replica alla lettera Bianchi in data 17 novembre u. s.

1) *La mia precedente è stata d'impostazione necessariamente sintetica.*

Il caso esposto dall'Autore non mi sembra però infirmare il ragionamento; perchè, in linea generale, il « fittizio », il cui concetto è applicabile a lacune comunque distribuite, può risultare, a seconda della localizzazione delle stesse, incorporato con uno solo degli avvolgimenti reali, oppure con tutt'e due.

In quest'ultima ipotesi, il diagramma del flusso trasverso, è quello derivante dalle differenze degli apporti (presi col proprio segno) delle amperspire livellatrici lungo ciascuno dei due avvolgimenti reali.

È intuitivo che ove il fittizio interessi entrambi gli avvolgimenti, si debba considerare una correzione in meno per la lunghezza assiale d'avvolgimento, correzione che va da un massimo (facilmente determinabile), nell'ipotesi di diagramma risultante nullo, cioè di distribuzione delle amperspire corrispondentemente compensata per ogni circuito lungo la colonna del nucleo; ad un minimo (zero) nell'ipotesi di compensazione nulla.

La correzione effettiva, in relazione al valore della reattanza trasversale che interessa, si può riconoscere, con sufficiente approssimazione, come ordinata rispetto al segmento di retta compreso fra i punti di massima correzione e di massima reattanza trasversale, e che si considerano rispettivamente sull'asse delle ordinate e su quello delle ascisse di un diagramma ortogonale.

2) *L'Autore conferma che la reattanza dovuta al flusso trasversale pel 6° Caso è quella della formula già da lui data nel testo.*

Ora a me pare che ciò non sia possibile, perchè altrimenti il 6° Caso risulterebbe identico al 4°; e con questo sarebbe indifferente avere le lacune in testa oppure nel corpo dell'avvolgimento.

A mio avviso, invece, i due casi sono fisicamente distinti e conducono a risultati fra loro diversi.

Infatti nel 4° Caso le lacune generano due diagrammi del campo trasversale uguali e simmetrici rispetto alla linea dello zero, mentre nel 6° ne generano uno solo. Ciò vuol dire che a pari altre condizioni, in base a quanto comunemente si applica e si trova per i trasformatori ad avvolgimenti sfalsati, la reattanza dovuta al flusso trasverso assume nel 6° Caso valore non doppio di quello della formula, come da me precedentemente ritenuto, ma addirittura quadruplo di quello pertinente al 4°.

Ne deriva che per il 6° Caso viene a valere la formula data per il 2°, il che del resto è logico, dato che fisicamente le due disposizioni sono equivalenti.

L'Autore, inoltre, considera uguale al 2°, il 7° Caso; ciò pure che a me non pare giusto, in quanto si tratta di disposizioni fisicamente diverse.

Sempre in base a quanto si usa coi trasformatori ad avvolgimenti sfalsati, io direi che la reattanza trasversale nel 7° Caso dovrebbe essere di valore quadruplo di quella del 2° e quindi di quella del 6°.

Infine press'a poco uguale al 3°, l'Autore considera il 5° Caso, mentre in effetti la reattanza ad esso pertinente

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dovrebbe essere non doppia, come avevo precedentemente pensato, ma addirittura quadrupla di quanto indicato nel testo, cioè circa quattro volte maggiore di quella del 3° Caso.

I risultati apparentemente diversi ottenuti dall'Autore per i casi presentanti lacune in testa, sono dovuti, a mio avviso, all'ipotesi forse troppo semplificativa da lui fatta, di ritenere nullo agli estremi dell'avvolgimento, massimo uguale e di segno cambiato alle estremità delle lacune, il campo trasverso, anche quando le stesse sono situate in testa; od, in altri termini, di considerare invariata la lunghezza effettiva delle linee del flusso trasverso pertinente a lacune di estremità, mentre in effetti tale lunghezza può ragionevolmente essere ritenuta uguale alla metà di quella che compete al caso delle lacune incorporate.

Con lacune di estremità, il campo, pur ammettendo, come si fa in pratica, che conservi forma triangolare, assume un andamento totalmente asimmetrico rispetto alla linea dello zero, con valore nullo alle testate d'avvolgimento e massimo (ma doppio del caso precedente) alle altre estremità delle lacune.

Per disposizioni intermedie fra le due menzionate, il campo che sempre si può ritenere conservi la forma triangolare, assume un andamento dissimmetrico rispetto alla linea dello zero, e la reattanza trasversale va calcolata direttamente, servendosi dei procedimenti in uso per i trasformatori con avvolgimenti sfalsati a gruppi asimmetrici.

Ferme restando le formule date dall'Autore per il calcolo della reattanza trasversale nei Casi 2°, 3°, 4°, 8°, 9°, e pur convenendo con lui che essendo essa frequentemente una piccola frazione della totale, un errore nella sua valutazione si ripercuote in misura modesta agli effetti del finale risultato, io, in pratica, direi riassumendo:

a) Se una lacuna è suddivisa in parti uguali e tali parti vengono simmetricamente od uniformemente disposte nel corpo dell'avvolgimento, la reattanza trasversale diminuisce col quadrato del numero delle parti in cui la lacuna è suddivisa.

b) Se una lacuna, inizialmente posta al centro di un avvolgimento, viene suddivisa in due parti uguali, disposte ciascuna ad una estremità dell'avvolgimento, si ottiene lo stesso risultato come quando la lacuna era al centro. Con parti leggermente disuguali, il risultato varia di poco.

Se la lacuna viene spostata tutta ad una estremità, la reattanza è quadrupla di quella che compete alle due suddette disposizioni.

La quarta parte di quella che compete a queste due disposizioni, è la reattanza che si ottiene suddividendo la lacuna in due parti uguali da collocarsi simmetricamente od uniformemente nel corpo dell'avvolgimento. Con parti disuguali, il risultato varia generalmente di poco.

c) Con lacune non al centro nè alle estremità, o non simmetricamente nè uniformemente disposte nel corpo dell'avvolgimento, sia uguali fra loro o disuguali, o per casi a questo consimili, il calcolo della reattanza trasversale va fatto direttamente per la disposizione che interessa.

3) Ho accennato alla nociva influenza delle lacune agli effetti di aumentare esse, oltre il normale, le perdite in corto circuito e di creare eccessivi riscaldamenti localizzati di parti di casse d'olio, e adesso, aggiungo, di armature. Ciò ho fatto, ripeto, indipendentemente dalle perdite e dai riscaldamenti che si hanno per distribuzioni indistorte del flusso disperso.

Ora l'Autore suggerisce di abbondare nelle distanze e di ridurre gli spessori delle casse d'olio.

Mentre dal lato economico e per altre ragioni, non appare totalmente consigliabile di procedere secondo tali principî, verrebbe fatto di domandarsi di quanto dovrebbero essere aumentate le distanze (se già i costruttori utilizzano al massimo la resistenza meccanica dei materiali) per essere certi di evitare i fenomeni segnalati.

Nella numerosa casistica della pratica, specie con le grandi macchine, non appare facile rispondere alla domanda; e nemmeno è detto che le perdite nelle casse, e quindi i riscaldamenti localizzati, debbano senz'altro diminuire con lo spessore di esse.

Materiali non magnetici ad alta resistività elettrica, risolverebbero radicalmente il problema, se non sorgessero ostacoli tecnologici e di costo. Motivo per cui sembra logico concludere che « coeteris paribus » è sempre ad ogni effetto favorevole, come l'esperienza conferma, assicurare, per quanto possibile la stessa distribuzione di amperspire lungo tutti gli avvolgimenti, cioè limitare al massimo le distorsioni, il che, in definitiva, significa contribuire a mantenere l'estensione del flusso disperso in confini di spazio ristretti o controllabili. E ciò anche se ne deriva un leggero aumento di reattanza.

Ringrazio e con osservanza.

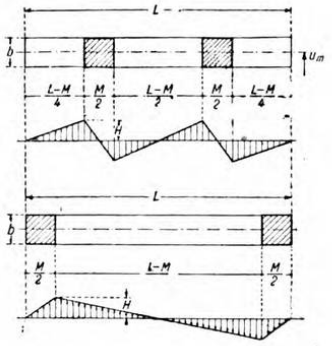
Milano, li 30 dicembre 1944. B. CERRETELLI

*

Magenta, 14 febbraio 1945

Mi sia consentita una risposta alla replica alla mia lettera alla Redazione del giornale dell'Ing. B. Cerretelli.

La formula da me data per il 6° caso è esatta, ed in pratica infatti si riscontra che a parità di tutte le altre condizioni, agli effetti della reattanza trasversale, è indifferente avere due lacune alle estremità oppure nel corpo dell'avvolgimento. Come asserisce l'Ing. Cerretelli fisicamente ciò non è esatto, ma come ho già fatto osservare a pag. 136 e 140 del mio articolo l'energia elettromagnetica che compete ad una lacuna è indipendente dalla sua posizione sull'avvolgimento, se si ritiene, come lo scrivente ha fatto per semplicità, che il campo sia nullo agli estremi dell'avvolgimento qualunque sia la posizione della lacuna, data l'impossibilità di valutare il valore e la pratica limitazione del campo oltre tali estremi, e dato, come confermano, i risultati pratici, il fatto che anche un sensibile errore nel calcolo della reattanza trasversale esso viene a ripercuotersi in maniera trascurabile sul valore totale della reattanza.



I casi 4° e 6° agli effetti della reattanza trasversale sono equivalenti. Nelle due figure abbiamo indicati i due campi trasversali che gli competono.

È facile mostrare che le due reattanza sono equivalenti. Se indichiamo con N il numero delle spire che competono all'intera lacuna M si ha che l'energia elettroma-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

gnetica che compete al 4° caso è:

$$W_4 = \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2 \cdot \left[\frac{2}{3}\left(\frac{L-M}{4}\right) + \frac{2}{3}\,\frac{M}{2} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{3}\left(\frac{L-M}{2}\right)\right] U\,m \cdot b$$

$$W_4 = \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2\, U\,m \cdot b\left[\frac{L}{3}\right];$$

siccome

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi N i}{b}$$

$$W_4 = \frac{1}{8\pi}\,\frac{(4\pi N i)^2}{b} \cdot U\,m \cdot \frac{L}{3}$$

L'energia che compete al 6° caso è:

$$W_6 = \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2 \cdot \left[\frac{2}{3}\,\frac{M}{2} + \frac{2}{3}\left(\frac{L-M}{2}\right]\right] \cdot U\,m \cdot b =$$

$$= \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2 \cdot U\,m \cdot b\left[\frac{L}{3}\right]$$

Siccome anche in tale caso $\mathcal{H} = \dfrac{4\pi N i}{b}$

$$W_6 = \frac{1}{8\pi}\,\frac{(4\pi N i)^2}{b} \cdot U\,m \cdot \frac{L}{3} = W_4$$

ossia le due reattanze sono equivalenti.

Alla stessa conclusione si arriva se si considerano i due casi 2° e 7°.

Mostriamo ora che l'asserzione dell'Ing. Cerretelli che nel caso che si considerano le due differenti disposizioni come avvolgimenti a bobine alternate la reattanza del 6° caso risulta quadrupla di quella del 4° caso è tutt'altro che vera, ma che le due reattanze non possono differire di molto.

Abbiamo visto che l'energia nel caso 4° è:

$$W_4 = \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2 \cdot U\,m \cdot b \cdot \frac{L}{3}$$

Ora $\mathcal{H}$ nel caso di avvolgimenti sfalsati è la somma dei due campi dovuti ai due tronchi adiacenti e se indichiamo con N il numero totale delle spire che competono all'avvolgimento tratteggiato si ha

$$\mathcal{H} = 2 \cdot 4\pi \cdot \frac{N}{4} \cdot i\,\frac{1}{b} = \frac{4\pi N i}{2b}$$

per cui sostituendo si ottiene

$$W_4 = \frac{1}{8\pi} \cdot \frac{(4\pi N i)^2}{b} \cdot \frac{U\,m \cdot L}{12}$$

L'energia del 6° caso abbiamo visto essere

$$W_6 = \frac{1}{8\pi} \cdot \mathcal{H}^2 \cdot U\,m \cdot b \cdot \frac{L}{3}$$

ma in tale caso per H si ha:

$$\mathcal{H} = 2 \cdot 4\pi\,\frac{N}{2} \cdot i\,\frac{1}{b} = \frac{4\pi N i}{b}$$

per cui sostituendo si ottiene:

$$W_6 = \frac{1}{8\pi}\,\frac{(4\pi N i)^2}{b} \cdot \frac{U\,m \cdot L}{3}$$

Dal confronto delle due espressioni sembrerebbe che la reattanza del 6° caso fosse quadrupla di quella del 4° caso, ma ciò è un abbaglio; infatti osservando le due figure si vede chiaramente che nel 6° caso la lunghezza media del flusso risulta circa il doppio, almeno per il tronco interno, di quella del corrispettivo tronco nel caso 4°; ne deriva che il campo risulta di circa la metà e quindi la reattanza, che varia col quadrato di tale campo, diventa in effetti circa la 4ª parte di quella data dall'ultima formula. Risultato questo grossolano, ma che in pratica di calcolo può essere messo chiaramente in evidenza applicando ai due casi il relativo coefficiente di Rogowski.

Conclusione è che le formule da me date sono per la pratica più che sufficienti allo scopo che si prefiggono, e sufficientemente aderenti alla realtà.

Con osservanza.

VITTORIO BIANCHI

*

Spett. Redazione de « L'Elettrotecnica ».

In risposta alla lettera Bianchi del 14 febbraio 1945:

L'Autore conferma, anche con un esempio, nella prima parte del suo attuale scritto, che i risultati da lui conseguiti sono stati ottenuti in base all'ipotesi di considerare nullo il campo agli estremi dell'avvolgimento qualunque sia la posizione della lacuna.

Ciò io avevo arguito fino dalla mia precedente.

Ripeto però che tale ipotesi mi sembra troppo semplificativa, mentre può indurre ad errori non tanto, sia chiaro, sul computo del valore totale della reattanza (ho già ammesso che essendo la reattanza trasversale frequentemente una piccola porzione della totale, un errore nella sua valutazione si ripercuote in misura modesta agli effetti del finale risultato) quanto per il fatto che essa tende a turbare i noti concetti sul confronto fra lacune di testa e lacune di corpo. Inoltre possono derivare inesatte impressioni circa l'influenza della suddivisione in gruppi degli avvolgimenti nei trasformatori a bobine sfalsate. Infatti è con tali trasformatori risaputo, che a pari altre condizioni, si ottiene una diminuzione di reattanza aumentando il numero dei gruppi in cui gli avvolgimenti vengono suddivisi, anche se tale diminuzione non sta in pratica proprio negli esatti rapporti da me indicati per i casi 4° e 6°, 2° e 7°, 3° e 5°.

Mentre parmi che esista un certo contrasto fra ciò che l'Autore afferma nella seconda parte dell'attuale sua lettera, rispetto a quanto è detto nella prima, vorrei chiarire che a me premeva essenzialmente di far rilevare che non possono non esistere notevoli differenze fra i suddetti casi presi a sè; e ciò astraendo, come per semplicità ho fatto, da quegli ulteriori fattori di correzione che all'atto pratico vanno considerati per affinare i calcoli.

Ciò posto, vorrei concludere confermando che lo studio dell'Autore è, a mio avviso, meritevole di attenzione da parte dei costruttori e serve in pratica; ma che una concezione più aderente alla realtà dei fenomeni e risultati generalmente più esatti si ottengono, sempre a mio parere, col criterio dell'avvolgimento fittizio, il quale permette di risolvere senza apparenti contrasti, tutti i casi della pratica.

Ringrazio e con osservanza.

Milano, il 5 maggio 1945. B. CERRETELLI

Molte importanti Associazioni, a differenza dell'A E I, chiedono ai loro Soci il pagamento della quota annuale nell'autunno dell'anno precedente. Eseguire prontamente il versamento della quota vuol dire facilitare tutto il funzionamento amministrativo dell'Associazione

Biblioteca nazionale centrale di Roma

LIBRI E PUBBLICAZIONI

G. PASTONESI — *Elementi di calcolo per macchinario per impianti chimici*, vol. II. (Milano, Casa Editrice A. Corticelli, 1944. Un volume di cm. 17 × 25, di 470 pagine con 180 figure. Prezzo L. 250).

Abbiamo segnalato a suo tempo il primo volume di questa pregevole opera e siamo lieti di annunziare ora la pubblicazione del secondo volume che completa l'opera.

La impostazione generale è, come quella del precedente volume, un felice contemperamento di teoria e di pratica ottenendosi così l'effetto di dare al lettore una sufficiente conoscenza delle forme costruttive degli apparecchi e delle loro modalità d'impianto e di funzionamento e nello stesso tempo i fondamenti teorici necessari alla loro razionale scelta e alla calcolazione del dimensionamento di massima.

Un libro quindi veramente utile non soltanto agli studenti delle Scuole di Ingegneria ma anche a larghe schiere di tecnici anche fuori del già largo campo degli impianti riguardanti proprio industrie chimiche.

Il presente volume II si apre con una prima parte dedicata all'importante argomento della distillazione e della rettifica. Precedono alcuni richiami teorici circa la regola delle fasi e le curve di equilibrio delle miscele. Si passa poi allo studio delle colonne di rettifica a piatti a funzionamento discontinuo o continuo, delle quali vengono stabilite le equazioni caratteristiche e sono esposti i metodi analitici e grafici di calcolo del numero dei piatti, illustrando i procedimenti con lo svolgimento di esempi pratici numerici. Si passa poi a considerare la distillazione con colonne a riempimento a funzionamento continuo o discontinuo dandone i mezzi di calcolo e confrontandole con le colonne a piatti. Sono poi trattate in modo particolare le questioni relative alla industria dell'alcole assoluto, e della distillazione dei prodotti petroliferi dando a questo proposito molti dati, elementi e direttive per la calcolazione delle colonne.

La seconda parte del volume tratta dell'assorbimento dei gas mediante lavaggio. Precedono richiami teorici sulla diffusione nei gas e nei liquidi e sull'assorbimento attraverso due strati. Poi si passa al calcolo delle torri di lavaggio considerando separatamente il caso di gas molto o poco solubili. Vengono esposte le caratteristiche costruttive delle apparecchiature di lavaggio illustrando alcuni particolari tipi e disposizioni di impianto e trattando largamente la importante questione del ricupero del componente assorbito durante l'operazione di lavaggio; sono esposte considerazioni circa i processi dell'assorbimento chimico e il loro meccanismo.

I problemi dell'assorbimento e il ricupero dei solventi volatili formano l'argomento della parte III. Anche qui precedono le nozioni teoriche riguardanti l'assorbimento e i fenomeni che lo accompagnano. Poi vengono illustrate le apparecchiature per l'assorbimento in fase gassosa e in fase liquida. In particolare è trattata l'applicazione dei procedimenti descritti alla decolorazione di liquidi, specialmente per la decolorazione degli olii lubrificanti mediante percolazione o filtrazione per contatto.

La parte IV si occupa di altri problemi di separazione e precisamente: di solidi da liquidi, di liquidi non miscibili, di nebbie e polveri disperse nei gas. Il vastissimo argomento che interessa un grande numero di industrie, è trattato con quell'ampiezza che l'armonia e l'equilibrio generale dell'opera comportano. Ad esso sono dedicate oltre 100 pagine, circa la quarta parte del volume. Dapprima è trattata la filtrazione descrivendo i vari tipi di filtri a lavorazione intermittente o continua; è esposta anche la teoria generale della filtrazione deducendone considerazioni pratiche. Segue lo studio del processo di sedimentazione, coi necessari richiami teorici e la descrizione di tipi di sedimentatori per sostanze solide e per liquidi non miscibili. Alle centrifughe sono dedicate circa 20 pagine le quali, prescindendo dal calcolo costruttivo della macchina, espongono, oltre la teoria generale della centrifugazione, i vari tipi di centrifughe e supercentrifughe. In ultimo sono descritti i vari processi di separazione delle polveri e delle nebbie disperse nei gas, con brevi accenni anche ai sistemi di precipitazione elettrostatica.

Più strettamente riguardante l'industria chimica è la parte V che tratta della cristallizzazione. Anche qui sono presentati prima i fondamenti teorici e sono poi descritti i vari tipi di apparecchiature per cristallizzazione, accennando in particolare ai procedimenti di cristallizzazione frazionata.

Di interesse generale è invece l'ultima parte sulla lavorazione meccanica delle sostanze solide. A un breve richiamo delle teorie della macinazione segue la descrizione di molti tipi di frantumatori, granitori, mulini finitori. Sono poi descritti i dispositivi per classifica dei materiali solidi, e quelli per la separazione idraulica o a vento.

*

E. MONTÙ: *Radiotecnica* - III. *Pratica di radiotrasmissione e di ricezione*. (Hoepli - Milano, 1944 - III edizione. - Un volume di 18×25 cm, di 896 pagine con 255 figure e numerose tabelle e abachi - Prezzo L. 330).

Il Trattato del Montù è ormai largamente diffuso fra i cultori italiani di radiotecnica come è dimostrato anche dall'apparire dell'attuale terza edizione a relativamente piccola distanza di tempo dalle precedenti.

Questo terzo volume dell'opera è dedicato, come dice il sottotitolo, alla tecnica della ricezione e trasmissione radio con tutti i problemi connessi. I progressi di questo ramo della tecnica sono continui e rapidi e si comprende quindi come l'attuale edizione del volume, pur conservando la impostazione e la struttura generale delle precedenti edizioni, differisca in molti punti da esse per una quantità di ritocchi e di aggiornamenti che l'A. vi ha opportunamente introdotto.

Ma non a semplici ritocchi si è limitata la revisione di questa edizione, perchè vi troviamo anche qualche cosa di più notevole, come l'aggiunta di alcuni nuovi schemi nella parte dedicata alla descrizione dei circuiti e particolarmente un capitolo sul calcolo degli amplificatori di classe C usati in telegrafia e telefonia.

Tale capitolo riassume anzitutto la teoria degli amplificatori di classe C determinandone le relazioni analitiche caratteristiche. Viene poi descritto come si procede al progetto di un amplificatore di tale classe, illustrando il procedimento mediante lo sviluppo del calcolo numerico del progetto di un amplificatore classe C per telegrafia. Successivamente viene preso in considerazione il progetto degli amplificatori di classe C con modulazione di placca, sviluppando anche qui un esempio numerico di calcolo.

Per il rimanente la materia trattata e la sua distribuzione sono rimaste quali erano nelle precedenti edizioni.

Il volume è arricchito da molte illustrazioni di schemi, diagrammi, dettagli costruttivi, circuiti ecc., nonchè di una bibliografia assai abbondante opportunamente classificata per materie.

Ricordiamo, come singolare e utile pregio dell'opera, il prospetto di terminologia radiotecnica in 5 lingue, che chiude il volume e che riuscirà molte volte comodo a chi legga opera in lingua straniera, facilitando l'esatta comprensione e facendo risparmiare molto tempo.

Un accurato indice analitico facilita la consultazione del grosso volume.

DALLE RIVISTE

Risparmiare carbone, ma come? (Wärme, aprile-maggio 1944, pag. 73 a 77, con 8 fig.).

Le necessità derivanti dallo stato di guerra hanno costretto la Germania a economizzare strettamente il carbone. I rilievi che seguono, desunti da casi reali, contengono insegnamenti che possono essere preziosi, specialmente nel caso di piccoli impianti industriali, anche per il nostro Paese per il quale l'economia dei combustibili si impone in maniera imprescindibile.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

In un impianto si lamentavano forti perdite di carbone in seguito al formarsi di frequenti focolai di combustione spontanea nei cumuli del deposito carbone con conseguenti fenomeni di gasificazione o distillazione e talvolta estese combustioni che si producevano specialmente sui lati maggiori dei cumuli, battuti dal vento dominante d'occidente; bastò disporre i mucchi al riparo del vento, dietro un edificio esistente che si stendeva in direzione nord-sud, perchè gli inconvenienti cessassero.

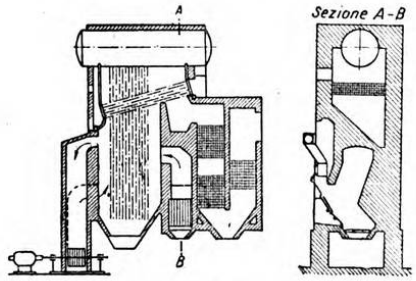


Fig. 1. — Adattamento di un focolare ausiliario con griglia a gradini inclinata per bruciare segatura e frammenti di legno.

In una fabbrica di pasta di legno e di carta, i residui di lavorazione del legno erano originariamente trasportati pneumaticamente su una griglia a gradini di vecchie caldaie; installate nuove caldaie tale utilizzazione venne trascurata e sospesa. Prolungando l'impianto di trasporto fino alle tramezze delle nuove caldaie e mescolando i detriti di legname al combustibile si poterono risparmiare giornalmente 10 tonnellate di lignite.

In un altro caso analogo in cui i detriti di legno erano troppo abbondanti per venir mescolati al carbone, si munirono le caldaie di griglie ausiliarie a gradini per i detriti di legno, adducendo nel focolare principale delle caldaie stesse il gas che si svolgeva.

In molti casi si è riscontrato che si mantenevano in esercizio più caldaie a carico ridotto, e quindi con basso rendimento, mentre con una buona condotta dei fuochi il carico poteva venire portato da un numero minore di caldaie. Un impianto aveva in servizio continuo due caldaie da 150 m² per produrre 2 200 000 cal/h, con un rendimento di 51,5 % (6,0 % di CO_2), temperatura dei fumi all'uscita 360 °C, senza economizzatori; la produzione unitaria era di 12 kg/m² h. Si modificarono le griglie in modo da aumentarne la superficie utile, si adottò carbone

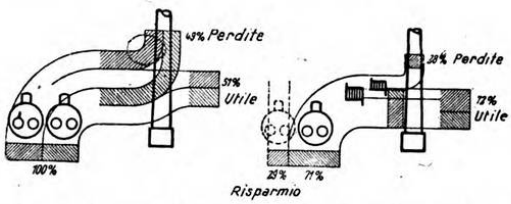


Fig. 2. — Risparmio del 20 % nel consumo di carbone mediante l'installazione di un economizzatore e l'eliminazione di una caldaia.

in pezzatura più minuta (che offrendo maggior superficie permetteva di elevare il contenuto di CO_2); si ottenne un risparmio del 5 % nel consumo di carbone, e il contenuto di CO_2 si elevò a 8÷9 %. Successivamente si installò un economizzatore capace di 700 000 cal/h, sfruttando completamente i fumi; divenne così possibile sostenere il servizio con una sola caldaia; il rendimento salì a 72 %, con un risparmio di carbone del 29 % (pari a 1300 tonnellate all'anno).

Frequenti sono risultati i casi di impianto funzionante con rendimento assai basso per la cattiva condotta dei fuochi. In due impianti si riscontrò un contenuto di CO_2

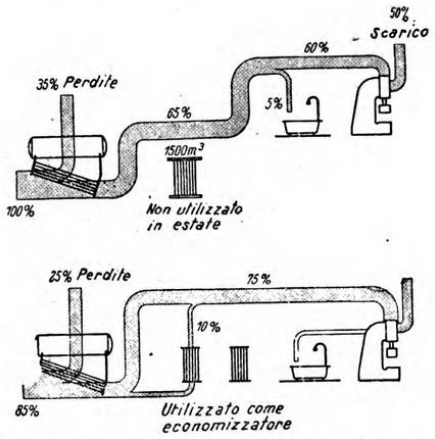


Fig. 3. — Risparmio del 15 % nel consumo di carbone in una caldaia a tubi d'acqua mediante una diversa inserzione dell'economizzatore e il ricupero del vapore di scarico.

nei fumi, fra 4 e 5 %, ciò che, con temperature di 280 a 350 °C all'uscita, significava perdite al camino di 41 a 43 %. Bastò opportunamente istruire i fuochisti perchè in entrambi gli impianti il contenuto di CO_2 salisse a 9 % e la temperatura dei fumi scendesse a 260 da 315 °C e le perdite al camino si riducessero a 20 % in media; ne risultò un risparmio di 65 tonnellate di carbone al mese.

Forti maggiorazioni nel consumo di carbone risultano anche dalla mancata pulizia delle superfici delle caldaie; in qualche caso le ceneri ostruivano quasi completamente i condotti del fumo.

Notevoli economie si possono realizzare negli impianti metallurgici sfruttando i fumi caldi dei forni mediante caldaie di ricupero, surriscaldatori di vapore, preriscaldatori d'aria ecc.

In altri casi impianti razionalmente studiati si trovano

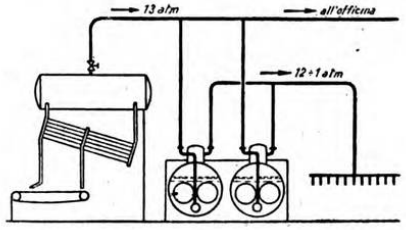


Fig. 4. — Risparmio di 20 tonnellate al mese di carbone utilizzando due caldaie Cornovaglia come accumulatori per fornire vapore durante la notte.

a funzionare con scarso rendimento perchè le condizioni di esercizio sono mutate rispetto alle previsioni. Un grosso impianto moderno era destinato a fornire, in inverno, vapore per riscaldamento e gli economizzatori erano inseriti sulla conduttura del condensato di ritorno; successivamente l'impianto fu utilizzato per alimentare un certo numero di magli a vapore a scarico libero. Le caldaie si

Biblioteca nazionale centrale di Roma

trovarono così a funzionare d'estate con alimentazione ad acqua fredda perchè l'economizzatore poteva essere utilizzato soltanto d'inverno; le perdite al camino erano quindi del 26 %. Modificando l'inserzione dell'economizzatore in modo che metà di esso potesse essere alimentato con l'acqua fredda, il rendimento durante l'estate si elevò da 65 a 75 %. Inoltre per il riscaldamento invernale si utilizzò il vapore di scarico ricuperato dai magli con un ulteriore risparmio di 5 % nel consumo di carbone. Si raggiunse così con detta piccola modificazione, durante l'estate una diminuzione di 15 % nel consumo di carbone, pari a 75 tonnellate al mese.

Un impianto che aveva forti variazioni nel consumo di vapore e specialmente con forte punta al mattino, aveva installato, oltre alle caldaie a combustibile, un accumulatore di vapore Ruths servito da una caldaia elettrica azionata alla notte con energia prodotta in un impianto idroelettrico della Ditta stessa. Venuto a mancare questo, per cause di guerra, l'accumulatore fu lasciato fuori ser-

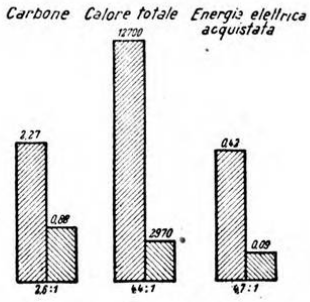


Fig. 5. — Confronto dei consumi di energia fra due fabbriche di eguale produzione.

vizio; al mattino si accendevano due caldaie per sopperire alla punta, una delle quali veniva spenta dopo poche ore lasciando attiva soltanto l'altra che, nelle due ultime ore funzionava a carico molto ridotto. Questo sistema fu modificato facendo funzionare sempre una caldaia sola e con essa caricando anche l'accumulatore nelle ore di basso carico o della notte. Ne derivò un risparmio di 12 tonnellate di carbone al mese.

In un impianto si manteneva in servizio durante la notte una caldaia da 400 m² per un consumo di vapore di soli 1000 kg/h; il rendimento scendeva a circa 35 %. Si utilizzarono invece come accumulatori di vapore due caldaie a tubi di fumi, tenute come riserva, le quali venivano caricate durante il giorno dalla caldaia principale a 12 atm e potevano sopperire durante la notte il fabbisogno di vapore. Si economizzarono 20 tonnellate di carbone al mese, oltre alla spesa per il fuochista di notte.

Un esempio tipico di confronto può essere il seguente relativo a due fabbriche dello stesso prodotto. Una aveva sufficiente disponibilità di energia idraulica e doveva acquistare energia solo in piccola quantità e produceva vapore soltanto per le lavorazioni e, in inverno, per il riscaldamento. L'altra era costretta a prodursi in proprio energia con un vecchio impianto a vapore a condensazione e per di più ad acquistarne notevoli quantità; per il riscaldamento veniva impiegato energia elettrica o acquistata o prodotta in proprio, utilizzando solo il 12 % del calore contenuto nel vapore. La prima fabbrica consumava soltanto 0,88 kg di carbone per ogni kg di prodotto, mentre il consumo dell'altra era di 2,77 kg di carbone; i rispettivi consumi di calore erano di 2970 cal/kg e 12 700 cal/kg e quelli di energia esterna 0,09 kWh/kg e 0,42 kWh/kg. *N.*

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

Ai Soci dell'A.E.I. a sud e a nord dell'Appennino.

Per cause intuitive — di cui già si è fatto cenno — questi primi numeri del 1945 si pubblicano solo dopo che la felice completa liberazione del territorio Nazionale ha reso possibile la ripresa di tutte le attività dell'Associazione.

A tutti i Soci ormai nuovamente riuniti in seno all'A.E.I. vada il nostro saluto con l'augurio che l'Italia, finalmente risorta a libertà possa presto prendere con l'attività di tutti i suoi figli, il suo posto fra le Nazioni umanamente e tecnicamente più progredite.

Il periodo della nostra Presidenza Generale, iniziatasi nella primavera del 1943, è stato testimonio dei più gravi e risolutivi avvenimenti, e in conseguenza la vita dell'A.E.I. è stata ridotta al minimo concessole dalle avverse circostanze.

Le nostre pubblicazioni, ridotte alla « Elettrotecnica » e all'« Alta Frequenza » hanno potuto tuttavia uscire con continuità, se pure con una notevole riduzione nel numero dei fascicoli e con discapito della loro regolarità. Ma ogni altra attività, salvo poche riunioni tecniche presso qualche sezione particolarmente favorita, è stata praticamente annullata.

Ancora nei mesi primaverili del 1943 si sperava di poter tenere la riunione annuale a Montecatini: ma quanto avvenne dal settembre in poi rese impossibile di effettuarla. Da allora l'Associazione visse oscuramente fra difficoltà di ogni genere: la nostra Presidenza, in mancanza di ogni comunicazione con le sezioni dell'Italia Centrale e Meridionale si concentrò nel compito essenziale della conservazione degli elementi vitali dell'Associazione mentre la cura delle sezioni, rimaste avulse dalla Sede Centrale, fu affidata ai due Vice-presidenti Generali residenti a Roma e a Napoli.

Si mantenne così efficiente l'organizzazione completa dell'Ufficio Centrale, le pubblicazioni furono stampate in numero sufficiente per tutti i Soci, e si archiviarono le copie destinate ai Soci del Sud e del Centro Italia così da poter trasmetterle loro non appena le circostanze lo permettessero. Si aumentarono le quote sociali per salvaguardare il bilancio e si presero provvedimenti riguardanti il personale di cui si è data notizia nei verbali del Consiglio Generale e dell'Assemblea Generale del 1944 e 1945.

In occasione di quest'ultima la Presidenza Generale, attuando un proposito già concordato nell'agosto 1943, si presentò dimissionaria, rimanendo in carica per la necessità dell'ordinaria amministrazione e della vita dell'A.E.I., e indicendo contemporaneamente un primo referendum per le modifiche allo statuto sociale, necessarie per ritornare alle libere elezioni della Presidenza Generale secondo lo spirito del vecchio statuto dovuto modificare d'imperio nel 1937, e un secondo referendum per la conseguente nomina della nuova Presidenza Generale.

Nella sicurezza che desiderio unanime dei soci sia quello di riprendere al più presto la vita attiva dell'Associazione, la Presidenza Generale ha proposto, e l'Assemblea ha approvato, di indire la Riunione annuale nel prossimo ottobre a Milano, e di discutere in essa, oltre le memorie predisposte per la mancata riunione di Montecatini del 1943, anche memorie riguardanti la distruzione e la ricostruzione degli impianti elettrici di ogni tipo (centrali, installazioni, linee di trasporto e di trazione) argomento questo di pro-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

fondo interesse particolarmente per i Soci del Nord che ben poche notizie hanno potuto avere al riguardo.

Con questa riunione si potrà così riprendere la vita attiva ed efficace della nostra Associazione, nel nuovo clima di libertà e di contatti con tutte le consorelle estere, con la ripresa degli scambi di notizie e di informazioni tecniche con tutto il mondo, dopo così lungo periodo di segregazione. E la nuova Presidenza Generale, alla quale l'organismo dell'A.E.I. viene consegnato in piena efficienza, potrà iniziare la sua opera con le più vive speranze per un avvenire di lavoro attivo e fattivo, sicura della collaborazione di tutti i soci che alla loro associazione hanno sempre, da ormai quasi cinquant'anni, dato il loro appoggio e il loro appassionato lavoro, e ogni devozione daranno per contribuire alla ripresa e alla risurrezione del nostro Paese.

La Presidenza Generale, esaurito il suo compito, si accomiata dai Soci col più vivo augurio per l'avvenire d'Italia e dell'Associazione.

M. SEMENZA

VERBALE DEL CONSIGLIO GENERALE

Milano - 3 Maggio 1945

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Comunicazione della Presidenza.
2. - Andamento dell'Associazione.
3. - Provvedimenti di bilancio.
4. - Bilancio consuntivo 1944 e preventivo 1945.
5. - Varie.

Sono presenti: il Presidente Generale *Semenza*, il Segretario Generale *Barbagelata*, il Vice Segretario Generale *Correggiari*, il Tesoriere Generale *Rigatti*, il Segretario della Presidenza *Malusardi*, il Vice Direttore *Redaelli*, il Redattore Capo de « L'Elettrotecnica » *San Nicolò*, ed i Consiglieri Delegati della Sezione di Milano: *Motta* e *Pramaggiore*.

Hanno scusato la loro assenza il Presidente della Sezione di Genova *Bonaria* e il Consigliere Delegato della Sezione di Milano: *Parrini*.

Il Presidente *Semenza* ringrazia gli intervenuti e rileva la grandezza storica dell'ora augurando che essa possa segnare l'inizio di una generale e feconda ripresa anche per la nostra A.E.I. Reso omaggio ai valorosi caduti per la liberazione del Paese (*tutti si alzano*) egli ricorda anche i colleghi scomparsi dopo la seduta del C. G. tenutasi il 14 aprile 1944, e di cui fu pubblicato il verbale ne « L'Elettrotecnica » del 25 aprile 1944 a pag. 102. Secondo le notizie che si sono potute raccogliere, i colleghi scomparsi sono:

Sezione di Genova: Albertazzi Ing. Ariberto, Ammirato Ing. Comm. Giuseppe, Ginatta Ing. Cristoforo, Piccinini Ing. Comm. Antonio.

Sezione di Milano: Battezzato Giuseppe, Bai Luigi, Bellini Ing. Virgilio, Chiari Sandro, Devoto Prof. Giovanni, Fanti Emilio (caduto per la Patria), Fantini Bruno, Gaudenzi Amleto, Giovanola Pietro, Giulidori Ing. Nazzareno, Gronda Ing. Attilio, Leidi Ing. Edoardo, Mantovani Ing. Augusto, Mina Ing. Prof. Carlo, Niccolai Ing. Fabio, Ricotti Ing. Paolo, Rossi Ing. Gr. Uff. Francesco, Ziliani Francesco.

Sezione di Torino: Bosone Ing. Luigi, Dumontel Ing. Gilberto, Fassini Camossi Ing. Tancredi, Lignana Ing. Prof. Giuseppe, Moncassoli Ing. Giorgio, Pernier Ing. Arnolfo, Picca Ing. Cenzo, Rubiola Giovanni, Zampini Salazar Ing. Comm. Enrico.

Sezione Veneta: Bongiovanni Ing. Andrea, Pavan Ing. Rodolfo, Pratilli Giuseppe, Rossi Ing. Aldo, Sabbatani Tommaso.

Il *Presidente* ricorda brevemente le benemerenze dei più eminenti fra gli Scomparsi ed invita i presenti ad un minuto di raccoglimento.

Ritornando all'o.d.g. il *Presidente* informa che nel periodo fra il 25 luglio e l'8 settembre 1943 si è trovato d'accordo con i tre Vice Presidenti di considerarsi tutti dimissionari — essendo stati nominati da una autorità che allora più non esisteva — e di rimanere in carica per assicurare l'andamento normale dell'A.E.I. fino al giorno in cui sarebbe stato possibile procedere alle elezioni di una nuova Presidenza Generale secondo lo spirito del vecchio Statuto sociale vigente in precedenza alle modifiche a questo effettuate in seguito a disposizioni superiori nel 1937. I successivi avvenimenti del settembre impedirono di tradurre in atto la proposta della Presidenza. Le nuove elezioni sono divenute possibili solo in seguito agli ultimi avvenimenti e la Presidenza si riserva di indire, non appena lo stato delle comunicazioni postali lo consenta, un primo referendum fra i Soci, perchè venga legalmente deciso il ritorno al vecchio Statuto per gli argomenti strettamente essenziali. Approvato, come non v'è dubbio (*consensi*) il ritorno alle vecchie disposizioni statutarie, si procederà ad un secondo referendum per la nomina della nuova Presidenza Generale. Date le permanenti difficoltà delle comunicazioni postali, i due *referenda* potranno probabilmente essere riuniti in uno e fatti per il tramite delle Sezioni (anzichè direttamente dall'U.C.).

Il Consiglio approva.

Un altro provvedimento che dovrebbe essere subito attuato è la riammissione dei consoci israeliti che, per disposizioni superiori, dovettero essere allontanati nel 1938. (In realtà i nomi dei soci israeliti vitalizi furono tolti dall'elenco, ma ad essi fu continuato l'invio, in omaggio, delle pubblicazioni sociali). Si tratta di circa 170 colleghi che, a loro richiesta, saranno riammessi con l'antica anzianità.

Il Consiglio approva.

Il Presidente informa quindi che, basandosi, per le Sezioni dell'Italia centrale e meridionale, sui dati anteriori alla data del loro distacco, i Soci in forza dell'A.E.I. sarebbero quasi 5000 (4990). Naturalmente dati sicuri si potranno avere soltanto quando si saranno potuti ristabilire i contatti con tutte le Sezioni. Per quanto riguarda l'attività sociale, essa fu naturalmente assai ridotta. Si ha notizia che la sempre benemerita Sezione di Milano ha potuto tenere nell'anno ben 16 riunioni, mentre 2 ne furono tenute a Torino ed una a Genova. « L'Elettrotecnica » ha potuto invece continuare, sia pure con notevoli ritardi, le sue pubblicazioni, con le riduzioni di mole imposte dalla penuria della carta. Come tiratura si è mantenuta quella precedente agli eventi bellici sul suolo metropolitano, di modo che anche per il 1944 è stato stampata la rivista per i Soci di tutta Italia. Il *Presidente* informa poi che si è potuto assicurare la carta occorrente per la rivista per tutto il 1945.

Proseguendo il P. G. ricorda che, secondo l'avviso di convocazione dell'odierna assemblea, diramato quando non si poteva prevedere un così rapido volgere degli eventi, si sarebbe dovuto procedere, dopo l'assemblea stessa, all'esame ed alla discussione delle memorie già pubblicate e destinate alla mancata riunione di Montecatini. Una discussione tecnica nell'odierna situazione che renderebbe minimo il concorso dei Soci, toglierebbe ogni serietà alla discussione stessa, mentre tutto consente di sperare che si possa tenere nel prossimo autunno una riunione generale non indegna delle passate riunioni annuali. Date le difficoltà delle comunicazioni che certamente ancora permarranno, si penserebbe di tenere la riunione a Milano, dove risiede circa un terzo dei Soci e dove più facilmente possono affluire colleghi di altre Sezioni. Oltre alle memorie già pubblicate ed a quelle altre che si potranno ottenere nel frattempo, si potrebbero raccogliere una serie di brevi relazioni sulle distruzioni negli impianti elettrici causate dalla guerra e sui provvedimenti in atto o allo studio per la loro sistemazione. Dopo breve scambio di idee in proposito, il Consiglio approva.

Il Presidente passa quindi ad illustrare *il bilancio consuntivo 1944* ed il *preventivo 1945* distribuiti in bozza ai presenti. Per il consuntivo egli fa rilevare che il disavanzo dell'esercizio, preventivato in 165 mila lire potè contenersi in poco più di 60 mila lire, e che la situazione patrimoniale effettiva dell'A.E.I. è in realtà migliore di quanto risulta dal bilancio stesso, dato che questo fu compilato con criteri di grande prudenza, senza tener conto nè delle somme che si potranno ricuperare dalle Sezioni lontane, nè di quanto si potrà ottenere ad indennizzo dei danni di guerra

Biblioteca nazionale centrale di Roma

subiti per l'incendio della sede dell'Ufficio Centrale in base alla pratica regolarmente avviata.

Il preventivo 1945 è invece oggi puramente formale e dovrà essere completamente rifatto non appena si potranno avere notizie dalle Sezioni lontane.

Dopo brevi osservazioni ed i chiarimenti dati dal Vice Direttore, entrambi i bilanci vengono approvati all'unanimità.

Esaurito così l'o.d.g. il *Presidente* ringrazia gli intervenuti e toglie la seduta.

Il Segretario Generale — A. BARBAGELATA

Il Presidente Generale — M. SEMENZA

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE

Milano - 3 Maggio 1945

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Relazione della Presidenza.
2. - Bilancio consuntivo 1944 e preventivo 1945.
3. - Varie.

Sono presenti la Presidenza Generale al completo, tranne i tre Vice Presidenti, ed una quarantina di Soci.

Presiede *Semenza*, Presidente Generale, col Segretario Generale *Barbagelata*.

Il *Presidente*, dopo aver ricordato che il verbale della precedente assemblea, tenuta a Milano il 14 aprile 1944, fu regolarmente pubblicato su « L'Elettrotecnica » del 10 maggio 1944, rivolge un saluto agli intervenuti e commemora i defunti. Egli ripete quindi quanto già comunicato al Consiglio Generale, come risulta dal verbale del Consiglio stesso, pubblicato più sopra ed al quale pertanto si fa esplicito rinvio.

L'Assemblea approva con plauso tutte le comunicazioni e tutte le proposte. In merito alla progettata riunione annuale da tenersi a Milano nel prossimo autunno, *Stucchi* propone che si ponga in discussione anche il problema della futura organizzazione dell'industria elettrica. Il *Presidente* teme che l'argomento possa esorbitare dal campo di azione riservato alla Associazione e che non sia comunque possibile, in pochi mesi, organizzare una seria discussione su così importante problema. Assicura comunque il Socio Stucchi che la Presidenza si riserva di far oggetto di studio la sua proposta.

Danesi vorrebbe che, dopo un così lungo periodo di oscuramento e di oscurantismo, i problemi della illuminazione fossero pure seriamente studiati e chiede se non sarebbe possibile creare in seno all'A.E.I. un gruppo di cultori del problema stesso. Il Presidente osserva che il problema interessa anche il Comitato Elettrotecnico, e si riserva di studiare il modo di venire incontro al desiderio del consocio Danesi.

Si passa quindi ai *bilanci* che, dopo i chiarimenti forniti dalla Presidenza, vengono approvati all'unanimità. Vengono pure riconfermati con plauso i Revisori dei conti.

Esaurito così l'o.d.g. il Presidente ringrazia gli intervenuti e toglie la seduta.

Il Segretario Generale — A. BARBAGELATA

Il Presidente Generale — M. SEMENZA

L'interessamento dei Soci per l'AEI si dimostra colla puntualità nel **pagamento della quota** alle Sezioni; esso deve essere compiuto al più tardi entro il mese di marzo.

NECROLOGIO

La Sezione di Milano dell'AEI partecipa con dolore la perdita del Socio:

Ing. NAZZARENO GIULIDORI

Nacque a Spoleto il 5 agosto 1883. Si laureò con ottima votazione nel 1908 al Politecnico di Milano in Ingegneria Elettromeccanica. Prestato il servizio militare, fece qualche anno di pratica presso la Soc. Orobia. Nel 1912 fu nominato Direttore dell'Azienda Elettrica di Spoleto. Eseguì, durante tale carica, importanti lavori di ampliamento e rimodernamento della linea e delle centrali. Nel 1928, in conseguenza della sistemazione economica delle Aziende Elettriche della regione, passò alle dipendenze della Società Elettrica U.N.E.S., e nel 1930 all'Ente Nazionale Propaganda Prevenzione Infortuni sul lavoro, quale capo dei servizi elettrotecnici.

Fece tutta la campagna di guerra 1915-18, seguendone in linee avanzate le operazioni. Si congedò col grado di Capitano del Genio, guadagnandosi due Croci di Guerra. Presentemente aveva il grado di Tenente Colonnello di complemento. Per ragioni d'ufficio e per passione allo studio approfondì alcuni argomenti tecnici, tra i quali: Individuare i sottomarini in immersione (presentò durante la campagna 1915-18 un esposto in proposito al Ministero della Guerra). La ricerca dell'acqua nel sottosuolo. L'illuminazione razionale degli ambienti. La protezione contro la folgore.

Particolarmente schivo di ogni manifestazione esibizionistica ed anzi eccessivamente restio di comparire, ebbe solo la preoccupazione della serietà e della riuscita del lavoro al quale si dedicava.

Sacrificò ogni sua comodità al benessere della famiglia. Non più giovane contrasse matrimonio ed ha lasciato un bimbo che costituiva oramai il suo scopo di vita.

Morì sul lavoro il 18 dicembre 1944, restando vittima di fatale e inspiegabile incidente di viaggio mentre per ragioni di ufficio si recava ad Oggiono.

*

Il 12 novembre 1944 decedeva a Pontinvrea (Savona)

l'Ing. CRISTOFORO GINATTA

che era stato Presidente della Sezione di Genova nel triennio 1941-1943.

L'ing. Ginatta, nato a San Remo nel 1882, si laureò a pieni voti a Torino a soli 22 anni, conseguendo subito dopo presso lo stesso Politecnico la specializzazione in elettrotecnica.

Fu a lungo con la Società Negri, compiendo con essa i suoi primi lavori e precisamente le linee elettriche Negri della Riviera di Ponente.

Sono a Lui dovute le centrali di Savona e di Bevere.

Fu in seguito in Russia per costruzioni di linee ferroviarie.

Nella guerra del 1915-18, dopo brevi periodi in zona di guerra, fu chiamato al Comitato di Mobilitazione Industriale di Genova, ove restò per tutta la durata del conflitto accattivandosi per la sua coraggiosa onestà la completa fiducia dei Superiori ed ottenendo la promozione a Capitano per meriti eccezionali.

Terminata la guerra si dedicò come libero professionista al ramo edilizio.

Costruì palazzi in Genova, stabilimenti a Vado Ligure, Pontenure, impianti idro-elettrici in Piemonte.

Fra gli ultimi importanti lavori diresse la costruzione del Palazzo della Nafta in Genova, progettato dall'Ing. Fossati.

Era da molti anni Consulente della Soc. ILVA e della Soc. Ceramica Ligure.

Tutta la sua vita fu dedicata alla famiglia ed al lavoro.

Fu uomo di vasta cultura, profonda competenza nell'ingegneria, unite a modestia e scrupolo professionale.

Fu sempre fedele ai principi di giustizia sovente a scapito dell'interesse personale.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 21 D

Apparecchi e dispositivi di manovra, protezione, ecc. – Applicazioni termiche – Applicazioni varie – Condutture – Convertitori, raddrizzatori, ecc. – Elettrofisica e magnetofisica – Elettrotecnica generale – Fisica, chimica e matematica – Generatori e motori sincroni – Idraulica – Illuminazione e fotometria – Impianti – Meccanica.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, ECC.

R. Holm — **Sul calcolo della durata di accensione dell'arco di apertura e sulla influenza della capacità del circuito di apertura.** (Siemens Zeit., gennaio-giugno 1944, pag. 1 a 5, con 4 fig.). **3 b**

Quando si aprono i contatti di un interruttore la corrente non si interrompe ma continua a fluire fra i contatti che si allontanano, in causa dell'arco che si forma fra essi. Sono noti gli inconvenienti che tale arco reca ai contatti: logorio, ossidazione, ecc. Nella tecnica delle correnti forti è praticamente impossibile evitare l'arco, e non si può fare altro che cercare di spegnerlo il più presto possibile, ad esempio al primo passaggio della corrente per lo zero. Nella tecnica delle correnti deboli si può ridurre al minimo la durata dell'arco facendo uso di un circuito cosidetto di spegnimento. Un tale circuito è caratterizzato dalla sua resistenza, induttanza ed eventualmente capacità. Sono state rilevate sperimentalmente molte curve rappresentative della relazione fra la corrente I e la tensione U nel caso della formazione di un arco fra i contatti mobili, per diverse lunghezze di arco. L'A. presenta un tipo di diagramma, detto foglio A, tracciato in carta millimetrata in cui sono riportate famiglie di queste curve caratteristiche (ascisse le intensità di corrente e ordinate le tensioni); ogni curva corrisponde ad una certa lunghezza di arco. Il diagramma è valevole per archi corti. Le curve sono assintotiche rispettivamente alla tensione minima U_m e alla corrente minima I_m, per le quali può sussistere l'arco. Il diagramma A, tracciato su carta trasparente, può essere sovrapposto a un altro foglio portante pure una quadrettatura U-I, in modo da far assumere varie posizioni ai suddetti asintoti delle curve; la posizione degli asintoti dipende dal materiale di cui sono costituiti i contatti e in tal modo un solo foglio A può servire per lo studio del comportamento di interruttori con contatti di qualunque materiale. In una tabella sono riportati i valori U_m e I_m per molti materiali, pei quali resta così definita la posizione degli asintoti. Le caratteristiche U, I, per valori della corrente poco maggiori di I_m, salgono molto rapidamente; l'A. mette in evidenza come da questo fatto derivi la possibilità della generazione di oscillazioni pendolari. Mediante il foglio A è possibile calcolare la durata dell'arco nei diversi casi. L'A. spiega come ciò si possa fare con semplici operazioni geometriche sul diagramma, nei casi di circuiti con sola resistenza ohmica o con induttanza. Quando esista un circuito di spegnimento esso comprende, oltre a una capacità C in parallelo coll'interruttore anche una resistenza r a monte di esso e la inevitabile piccola induttanza l del conduttore. Il circuito di spegnimento è inserito, rispetto all'interruttore, in parallelo col circuito principale caratterizzato dalle costanti R, L, e dalla forza elettromotrice E. L'impiego del circuito di spegnimento si fonda sul concetto che esso, nell'istante dell'apertura possa assorbire tanta corrente che nell'intervallo fra i contatti rimanga una corrente insufficiente al mantenimento dell'arco. L'A. svolge la teoria matematica del comportamento di tale circuito all'atto dell'apertura dell'interruttore. Considera a tale riguardo due casi. Il primo è quello in cui la corrente I_k a circuito chiuso è così elevata che anche la corrente I_b nell'arco si mantiene per la maggior parte del tempo durante il periodo di apertura abbastanza elevata perchè l'arco non possa dar luogo a oscillazioni; viene tracciato un diagramma contenente una famiglia di curve che esprimono l'andamento della corrente nella capacità C in funzione del tempo e delle caratteristiche del circuito; con questo diagramma e colle equazioni stabilite per via analitica si può determinare la durata dell'arco. Il secondo caso considerato riguarda i relè a correnti deboli nei quali sussiste il pericolo che l'arco possa dare fenomeni oscillatori perchè la corrente I_k a circuiti chiusi è di poco superiore a I_m. Nella trattazione di questo caso viene introdotta una funzione ξ dipendente dalle costanti del circuito i cui valori sono rappresentati in un diagramma. Anche qui viene studiata la durata dell'arco e sono date direttive per renderla minima. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

A. Kropf — **Ricerche con un forno da fusione a grafite.** (Stahl u. Eisen, 4 febbraio 1943, pag. 94 a 97, con 8 fig.). **5 b**

In questi ultimi anni si è rivolta l'attenzione ai forni elettrici a elementi radianti di grafite, per la fusione di metalli; si è riconosciuto che gli acciai ottenuti per questa via hanno caratteristiche che non cedono a quelle degli acciai al crogiuolo. Si tratta di forni di semplice fusione nei quali non deve aversi formazione vera e propria di scoria. L'A. riferisce circa esperienze compiute da un laboratorio tedesco con un forno a grafite da 100 kg di carica. Le pareti erano costruite con mattoni sagomati di sillimanite con rivestimento esterno di isolanti leggeri; internamente vi era un rivestimento d'impasto di corundum compresso. La durata di questo rivestimento, eseguito a regola d'arte, fu di oltre 100 fusioni, e arrivò anche a oltre 240 fusioni. Il fornò non funzionava in modo continuo; le colate consistevano di acciaio ad alto tenore di cromo. In tali condizioni la durata del forno può ritenersi molto buona. Il consumo di energia dal giorno della messa in funzione, compreso l'essiccamento e l'avviamento (ripetuto 4 volte per 4 tipi diversi di materiali delle pareti), per complessive 551 colate di peso medio circa 90 kg, è risultato di 93 340 kWh, ossia in media circa 1880 kWh/t. Tale consumo può apparire molto alto ma esso non dà un indice del consumo reale del forno perchè tiene conto del periodo sperimentale iniziale. Se ci si riferisce all'ultimo periodo di funzionamento, comprendente 196 fusioni, si trova un consumo medio di circa 1420 kWh/t; con una modificazione costruttiva delle pareti il consumo si è abbassato a 1255 kWh/t in media. L'A. confronta in un diagramma i consumi suddetti con quelli di un forno basico ad arco e di un forno acido a induzione senza nucleo; il consumo medio ottenuto con le 196 fusioni suddette risulta circa eguale a quello del forno a induzione. Riferendosi a 100 kg i consumi rispettivi risultano: per un forno basico ad arco 500 t, circa 1450 kWh/t; per un forno acido a induzione senza nucleo, circa 1400 kWh/t; per il forno a sbarra di grafite, circa 1420 kWh/t (1100 kWh/t nelle ultime prove). L'A. svolge poi un conto del costo della fusione di una tonnellata di acciaio tenendo conto della spesa per la rinnovazione e la riparazione del rivestimento interno delle pareti, e delle sbarre di grafite, nonchè del consumo di energia, dell'acqua di raffreddamento. La sbarra di grafite dura circa 4 fusioni; il pezzo speciale di contatto elettrico per la testa di essa, dura circa 6 fusioni. Come valori di confronto relativi delle varie voci di spesa possono valere i seguenti: per le pareti 9,14 marchi; per la sbarra di grafite e accessori 10,22

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1 D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

marchi; per l'acqua di raffreddamento della sbarra di grafite, 2,40 marchi; per energia elettrica 40,70 marchi; spesa complessiva 62,46 marchi. *N.*

G. Volkert — **Sorveglianza di esercizio di un forno a tino elettrico.** (Stahl und Eisen, 25 febbraio 1943, pag. 154 a 155, con 3 fig.). **5 b**

I forni elettrici a tino che finora avevano trovato limitate applicazioni, si sono andati diffondendo in questi ultimi anni nella metallurgia. Molti di essi erano in servizio per la fabbricazione del carburo di calcio e quando anni or sono si notò una saturazione del mercato di questo prodotto, parecchi di tali forni furono adattati alla produzione del ferro-silicio. Più tardi si usarono anche per la fabbricazione del ferro manganese e oggi sono molto diffusi per la produzione di ferro-leghe in genere. Si producono in forni a tino elettrici ferro-silicio di tutti i tenori e anche silicio metallico a 97÷98 %; silicio-manganese, silicio-cromo, ferro-manganese e prodotti deossidanti indispensabili per l'industria dell'acciaio, come calcio-silicio, salical, alsikal, ecc. L'A. espone direttive di sorveglianza e di esercizio desunte dall'esperienza fatta con un forno trifase da 7500 kVA per fabbricazione di ferro-silicio al 75 %. Il forno, rotondo di grande diametro ma basso, è rivestito internamente da mattoni di carbone ed è provvisto sul fondo di uno o due fori di colata; viene riempito fino alla bocca da materiale da trattare in cui pescano i tre elettrodi; la profondità di immersione di essi è regolabile con un dispositivo di regolazione per potenza costante. La carica viene distribuita a mano su tutta la superficie del forno. È necessario che il livello della carica si mantenga costante e che i 3 elettrodi peschino egualmente altrimenti possono aversi gravi inconvenienti e difficoltà di esercizio. Per sorvegliare la posizione degli elettrodi si sono adottati vari tipi di apparecchi indicatori che permettono di leggere al centimetro la posizione stessa. L'A. descrive un dispositivo che permette di leggere separatamente la posizione di ciascun elettrodo e di registrarne la posizione su un diagramma a 3 colori. Sulla catena di sospensione di ciascun elettrodo è fissato, a un punto opportuno, un filo di acciaio sottile molto elastico che può avvolgersi su un piccolo tamburo. Lo spostamento della catena di sospensione produce la rotazione del tamburo e ogni giro di esso viene, mediante un riduttore di giri a ingranaggi, trasmesso a un altro tamburo su cui è disposto un resistore; su di questo scorre un contatto mobile che lo divide in due parti, secondo un rapporto dipendente dalla posizione della catena di sospensione. Come apparecchio rivelatore è impiegato un istrumento a bobine incrociate connesso alle due porzioni del resistore alimentato da una batteria; l'istrumento rivela così ogni spostamento della catena di sospensione. Un altro tamburo a resistore, analogo al primo serve per la registrazione. L'A. riporta un campione di foglio di registrazione ottenuto con tale dispositivo. Un altro mezzo di sorveglianza per il corretto esercizio del forno è dato dalla misura della temperatura dei gas uscenti dal forno. Nel punto in cui i gas passano dalla cappa di raccolta sopra il forno, al condotto del camino è inserita una coppia termoelettrica connessa a un millivoltmetro registratore che registra la temperatura in °C. Se la posizione degli elettrodi è irregolare si producono fiammate che si rivelano in brusche variazioni della temperatura dei gas. Un terzo mezzo di sorveglianza è dato dalla registrazione continua della potenza assorbita dal forno; brusche variazioni di potenza indicano o che gli elettrodi erano fuori posto o che si erano raccolte grandi quantità di metallo nel forno. Sono riportate alcune registrazioni. *N.*

H. Müller — **Ricerche con una copertura di forno ad arco di spessore di un solo mattone con aggiunta di anelli metallici di raffreddamento.** (Stahl u. Eisen, 18 marzo 1943, pag. 217 a 221, con 5 fig.). **5 b**

La copertura dei forni ad arco è stata finora eseguita sempre con mattoni silicei; con forni ad arco a funzionamento basico essa costituisce il punto debole del forno. I dati di durata sono assai diversi da caso a caso; in media si può ritenere che ogni volta duri da 40 a 80 fusioni. La durata della volta, che influisce sulla spesa riferita ad una colata, dipende dalla distanza fra la volta stessa e l'arco e cresce col crescere di questa; vi influiscono anche la grandezza del forno e la tensione di esercizio. La temperatura dell'arco è dell'ordine di 3000 °C, assai più elevata della temperatura di fusione dei refrattari; inoltre i vapori di natura basica che si svolgono nel forno e rimangono in gran parte entro di esso, attaccano il materiale acido della volta. Si sono studiati molti accorgimenti costruttivi per prolungare la durata utile delle volte dei forni ad arco. Si è anche cercato di usare materiali refrattari più resistenti al calore che i mattoni silicei; poco vantaggio si ebbe con materiali contenenti 65 % di Al_2O_3 e il resto SiO_2; materiali basici presentano inconvenienti per il maggior peso, la maggiore dilatazione termica, la elevata conduttività termica, ecc; non si possono usare i mattoni di cromo-magnesite perchè i frammenti che cadono nel bagno ne alterano la percentuale di cromo. Per costruire coperture rotonde con aperture per gli elettrodi si devono usare parecchie qualità di mattoni sagomati, molti dei quali devono essere formati a mano, con elevata spesa. Nelle costruzioni ordinarie la volta ha uno spessore di 200 a 300 mm ed è raffreddata con anelli metallici; la volta si costruisce in anelli concentrici dalla periferia al centro; si lasciano fori per gli elettrodi, di diametro da 80 a 100 mm superiore a quello degli elettrodi stessi e l'intervallo si riempie con mattoni sagomati speciali; la parte centrale della volta offre altre difficoltà costruttive. In un nuovo tipo di costruzione, si procede alla messa in opera di un anello circolare metallico d'imposta della volta e di 3 anelli centrali, raffreddati ad acqua, per il passaggio degli elettrodi; la copertura viene eseguita con mattoni leggermente conici con cui si costruisce una fascia di volta a botte impostata sull'anello esterno e comprendente i 3 anelli degli elettrodi; i due vuoti laterali che rimangono si coprono con elementi di volta circolare impostantisi sull'anello esterno e sui fianchi della volta a botte mediana, disponendo i mattoni perpendicolarmente a quelli della volta a botte. Con questo tipo costruttivo si è potuto ridurre lo spessore della volta, tenuto finora generalmente di 300 mm, a soli 240 mm anche per volte di 5200 mm di diametro. Gli anelli metallici per i fori degli elettrodi sono portati da travi poste sopra la volta; gli anelli sono di acciaio fuso e fucinato. La durata di questi anelli dipende dalla purezza dell'acqua di circolazione. Questo tipo di volta ha dimostrato di poter durare molto più delle vecchie costruzioni. L'A. riporta alcuni particolari costruttivi. *N.*

APPLICAZIONI VARIE.

W. Mörs — **Misure e sorveglianza in un impianto di pompe idrauliche.** (Stahl u. Eisen, 18 febbraio 1943, pag. 137 a 140, con 4 fig.). **6 c**

Le pompe destinate a fornire acqua a 200 atmosfere, sono del tipo a stantuffo tuffante e sono connesse ad un accumulatore a aria compressa. Esse sono comandate, attraverso riduttori in olio, da motori elettrici ad alta tensione, e sono munite di un dispositivo di arresto automatico dipendente dalla pressione nell'accumulatore ad aria compressa. Sono predisposti vari altri dispositivi automatici. Uno di essi provvede a disinserire le pompe quando si apra una valvola di ritorno, se i recipienti di acqua in pressione sono pieni. A questo provvede un dispositivo di carattere elettrico. Due camere *A* e *B*, comunicanti fra loro, comunicano anche rispettivamente coll'interno dell'accumulatore pneumatico e con i recipienti di acqua in pressione; se cresce il livello di questa nella camera *B*, si eleva anche il livello del mercurio che riempie la camera *A* chiudendo successivamente diversi contatti elettrici disposti ad altezze crescenti; se si chiude il contatto più alto (che corrisponde al livello massimo tollerabile dell'acqua) si chiude un circuito alimentato a 24 V che aziona un interruttore nel circuito dell'elettromagnete di comando della valvola di ritorno dell'acqua in pressione, il quale lascia cadere l'ancora aprendo la valvola e mettendo la pompa fuori servizio. Se poi il livello dell'acqua in pressione (e quindi del mercurio nella camera *B*) diminuisce, fino a interrompere anche il penultimo contatto, l'ancora dell'elettromagnete viene nuovamente attirata chiudendo la valvola di ritorno e la prima pompa viene rimessa in servizio; se il livello dell'acqua continua a scendere, si interrompono altri contatti e ciò provoca l'inserzione anche di una seconda pompa. Se il dispositivo non funzionasse e il livello dell'acqua salisse

Biblioteca nazionale centrale di Roma

oltre il limite stabilito, il mercurio chiude un contatto di sicurezza che mette fuori servizio tutto l'impianto e dà una segnalazione ottica e acustica; se anche questa sicurezza fallisse, interviene un manometro a contatto che mette pure fuori servizio l'impianto. Vi è inoltre un dispositivo di sorveglianza indipendente dai precedenti dispositivi di sicurezza. Un manometro ad *U* è connesso ai recipienti d'acqua in pressione e all'accumulatore pneumatico; lo spostamento del livello del mercurio nel tubo ad *U* viene trasmesso, mediante un accoppiamento magnetico, ad un'asta dentata che comanda un apparecchio indicatore; le indicazioni di esso vengono, per mezzo di un dispositivo elettrico di trasmissione a distanza, trasmesse a un apparecchio registratore. È interessante registrare il tempo di funzionamento della pompa a carico e a vuoto. Si usano allo scopo contatori orari elettrici consistenti in semplici motorini sincroni che segnalano senz'altro il tempo in ore. Bisogna registrare sia il tempo totale di funzionamento sia distintamente quello di funzionamento a carico e a vuoto. Per il primo scopo il contatore viene inserito su due fasi della linea di alimentazione del motore (eventualmente attraverso riduttori di tensione) a valle dell'interruttore. Un altro contatore, inserito in modo speciale registra il tempo per cui la pompa funziona a carico. Per un impianto da 1000 litri al minuto di acqua a 200 atmosfere, si consumano ogni ora 400 kWh; a vuoto il consumo è ancora di 80 kWh e perciò non trascurabile. *N.*

F. Knorr — **Magli elettro pneumatici e magli a vapore o ad aria compressa con speciale riguardo alla loro convenienza.** (Stahl u. Eisen, 3 giugno 1943, pag. 433 a 437, e 10 giugno 1943, pag. 456 a 463, con 10 fig.). **6 c**

Il modo di comando di un maglio ha importanza nei riguardi di due requisiti di esercizio: è necessario poter realizzare una regolazione fine della violenza dei colpi perchè colpi troppo violenti possano in molti casi danneggiare i pezzi; il comando della macchina si deve poter effettuare con piccolo sforzo per non affaticare troppo l'operaio. Come mezzo di comando della mazza possono essere presi in considerazione il vapore o l'aria compressa. I magli a vapore sono noti da molti anni; più recenti sono quelli elettro-pneumatici cioè ad aria compressa ottenuta mediante compressore azionato da motore elettrico e facente parte integrante del maglio stesso. Questo sistema è applicabile a magli con mazza fino a 3500 kg e probabilmente anche più pesante. In Germania si trovano in servizio circa un migliaio di magli elettropneumatici. Il tipo che si è più affermato è quello a due cilindri a doppio effetto, cioè con ammissione alternativamente sopra e sotto il cilindro di comando della mazza. Il comando da parte del motore elettrico può avvenire in 3 modi: il motore può trasmettere la potenza mediante cinghie al volano montato sull'albero a gomiti, oppure può trasmetterla con ingranaggi all'albero, oppure mediante cinghie e riduzione a ingranaggi. Ogni sistema ha i suoi vantaggi. Se non esiste riduttore l'impianto è più semplice ma esige motori lenti e costosi; col riduttore si ha qualche complicazione ma si possono usare motori veloci e meno costosi. In generale per magli piccoli o medi non si adotta il riduttore il quale invece si usa frequentemente per grosse unità. L'A. riporta in diagrammi alcune curve caratteristiche di magli elettropneumatici, in funzione del peso della mazza considerando magli da 200 a 3000 kg; sono date le curve del numero dei colpi al minuto (140 a 600), della altezza di caduta (da 500 a 1300 mm), del lavoro per colpo (da 300 a 7000 kgm) e delle corrispondenti potenze del motore di comando (da 15 a 154 kW). Fatta astrazione dalla variazione di velocità del motore elettrico da vuoto a carico, si può affermare che i magli elettropneumatici funzionano a numero di colpi costante indipendentemente dall'altezza a cui si fa sollevare la mazza. In parecchi tipi di lavoro occorre invece poter regolare il numero di colpi al minuto e ciò si può ottenere facilmente se per il comando viene adottato un motore a velocità regolabile; si sono costruiti magli con regolazione fra 160 e 240 colpi al minuto, ma in generale conviene limitarsi a $\pm$ 15 % del numero di colpi normale. L'A. illustra alcune particolarità costruttive dei magli elettro-pneumatici, specialmente nei riguardi degli organi di distribuzione dell'aria compressa al cilindro di comando della mazza. Studia anche alcuni aspetti del funzionamento, riguardo alla legge di moto della mazza, dei fenomeni di compressione dell'aria che si generano nel cilindro di comando e dei conseguenti riscaldamenti e scambi di calore con le pareti del cilindro stesso. Nel caso di funzionamento continuo a numero di colpi elevati non è possibile fare a meno del raffreddamento a circolazione d'acqua. Vengono poi analizzati a loro volta il funzionamento e le caratteristiche dei magli a vapore e dal confronto dei due tipi vengono tratte alcune conclusioni. Mentre col maglio elettropneumatico il numero dei colpi non varia con la violenza di essi, nei magli a vapore tale numero cresce dal 25 al 30 % passando dai colpi più leggeri a quelli più violenti e perciò diminuisce il tempo disponibile fra un colpo e l'altro per voltare o accomodare il pezzo in lavoro. Col maglio elettropneumatico il colpo isolato più violento che si può dare non differisce da quello massimo per il funzionamento continuo; coi magli a vapore è possibile realizzare colpi isolati notevolmente più violenti di quelli massimi di serie. Viene anche svolto un confronto delle potenze necessarie e dei consumi di energia; tale confronto non può però essere svolto in modo generale ma deve essere svolto caso per caso tenendo conto di molti fattori e può portare nei singoli casi a risultati diversi. *N.*

CONDUTTURE.

Fr. Wienke — **Le possibilità di trasmissione di condutture aeree a corrente alternata a 50 p/s con corde di acciaio.** (E. Wirtschaft, 5 gennaio 1943, pag. 9 a 12, con 5 fig.). **9 f**

La resistenza a corrente alternata dei conduttori di acciaio, sempre assai maggiore di quella dei conduttori di rame o di alluminio, cresce con la densità di corrente ed è sensibilmente maggiore che a corrente continua. Misure eseguite hanno dimostrato che anche il materiale influisce assai e che risultano più convenienti corde formate con conduttori di 2 a 3 mm di diametro e di acciaio avente resistenza meccanica di 40 a 80 kg/mm². L'A. riporta in curve valori sperimentali da ritenersi come valori massimi per conduttori di tale tipo. Come si è detto, essi crescono con la densità di corrente, contrariamente a quanto accade per il rame e l'alluminio. La resistenza induttiva delle corde di acciaio può ritenersi circa 4 a 5 volte quella di eguali conduttori di rame o alluminio (e anche più) a seconda della qualità dell'acciaio, della composizione delle corde e del diametro dei fili; in un diagramma è riportato l'andamento dei valori della induttanza in funzione della densità di corrente. La resistenza capacitiva è invece naturalmente eguale per i conduttori di acciaio e per quelli di rame. Poichè il carico induttivo aumenta rapidamente col carico effettivo, la potenza naturale di una linea in conduttori di acciaio è notevolmente inferiore a quella di una linea in materiale non magnetico; si può ritenere che per una linea a 110 kV tale limite sia di circa 15 MVA in confronto a 32 MVA. Data la grande dispersione dei valori sperimentali di cui si dispone per la resistenza dei conduttori di acciaio, la calcolazione di linee con tali conduttori non può essere fatta che in modo approssimato. La resistività si può ritenere all'incirca eguale a 8 fino a 12 volte quella di conduttori di rame e da 5 a 7 volte quella di conduttori di alluminio cosicchè per eguali potenze, ad eguale tensione, e a pari sezione e a parità di perdite la distanza di trasmissione ammissibile con conduttori di acciaio è soltanto l'ottava o la dodicesima parte di quella corrispondente ad una linea con conduttori di rame e la quindicesima a ventesima parte di quella di una linea in alluminio. Questo, per cos φ pari all'unità. Nei riguardi di altri valori del fattore di potenza i conduttori di acciaio si comportano relativamente meglio degli altri. In un diagramma è messo in evidenza che per conduttori di rame si verifica un sensibile aumento delle perdite con fattore di potenza 0,8 e 0,9 già per sezioni di 25 mm² e per quelli di alluminio per sezioni di 35 mm², mentre tale fenomeno si rende sensibile per conduttori di acciaio soltanto per sezioni di oltre 70 mm². Va tenuto presente però che con conduttori di acciaio si devono usare diametri assai maggiori e quindi facilmente si passa entro i valori per cui detto fenomeno diviene sensibile. Le perdite di energia sono dello stesso ordine di quelle citate per le perdite di tensione. L'A. riporta nomogrammi relativi alle perdite di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tensione e di energia in condutture di acciaio, mediante i quali si possono eseguire rapidamente le calcolazioni relative ai progetti di tali linee per tensioni fino a 120 kV. *Ri.*

W. Wegel — **Intorno al carico delle condutture in cavo.** (E. Wirtschaft, 20 gennaio 1943, pag. 33 a 36, con 7 fig.). **9 d**

I limiti del riscaldamento di una conduttura in cavo dipendono da vari fattori: la caduta massima di tensione ammissibile; la temperatura massima che l'isolamento può tollerare in modo prolungato senza subire distruzione o invecchiamento; la sollecitazione termica massima che il cavo può sopportare nel caso di cortocircuito. Il riscaldamento del cavo dipende principalmente dal calore sviluppato dalla corrente nei conduttori e, in minore misura, dalle perdite dielettriche nell'isolamento. Su queste ultime influiscono notoriamente la frequenza, la capacità, la tensione e l'angolo di perdite del dielettrico. Altre costanti che entrano in gioco nella determinazione del riscaldamento del cavo sono: conduttività termica del conduttore e dell'isolamento, il loro calore specifico e l'ambiente in cui il cavo si trova, specialmente le proprietà del terreno, per i cavi sotterranei. Con carichi continuati il riscaldamento del cavo procede prima speditamente poi sempre più lentamente e dopo 8 a 10 ore la temperatura del cavo ha, in generale, raggiunto il regime. Nel caso di corti circuiti si possono tollerare riscaldamenti del conduttore assai più elevati che con carichi continui perchè, data la piccola conduttività del materiale isolante, il riscaldamento rimane per la maggior parte confinato entro il conduttore. Nei vari Paesi si hanno norme assai diverse riguardo alla temperatura massima ammissibile nei cavi. Secondo le Norme VDE per cavi a 6 kV si tollera al massimo 55 °C e per tensioni maggiori 45 °C; per cavi speciali per altissime tensioni (cavi in olio, sotto pressione, ecc.) si può arrivare, secondo i costruttori, a 60 e anche 80 °C. Per un cavo immerso nel terreno si può ritenere che ad una distanza da esso di 50 cm regni nel terreno stesso una sovratemperatura di uno a due gradi; occorre cioè un cilindro di circa un metro di diametro per uniformare la temperatura intorno al cavo; se si mettono vari cavi uno vicino all'altro, tale diametro non aumenta. L'isolamento dei cavi è quasi sempre in carta impregnata e per esso si può ritenere una conduttività termica di circa $1{,}75 \times 10^{-3}$ W/cm; lo stesso valore si può ritenere per i rivestimenti protettivi della camicia di piombo. La conduttività del terreno varia moltissimo in funzione della umidità e della composizione; per il calcare e l'argilla si può ritenere circa 15×10^{-3} W/cm; per terreno sabbioso 10 a 25×10^{-3} W/cm; per terreno in humus umido fino a 30 e 40×10^{-3} W/cm; questi valori variano con la stagione e l'andamento climatico e le vicende meteorologiche. In base a tali valori si può calcolare che per non superare le temperature sopra indicate un cavo deve disperdere circa 25 a 35 watt per metro di lunghezza e per i cavi speciali da 30 a 60 W/m a secondo che si installa un solo cavo trifase o tre cavi monofasi a piccola distanza. Il riscaldamento prolungato eccessivo del cavo può produrre o una sollecitazione meccanica eccessiva nella carta dell'isolamento o uno spostamento dell'olio d'impregnazione verso l'esterno; ne segue la formazione di vuoti nell'isolamento entro i quali si manifestano poi scariche a bagliore, assai nocive al cavo. Nel caso di cortocircuiti che producano un forte riscaldamento del conduttore e dell'olio, si possono produrre lacerazioni della carta (che ha piccolissimo coefficiente di dilatazione) e lacerazione di tutto l'isolamento. L'A. riporta in un diagramma le intensità massime di corrente e i corrispondenti tempi di durata tollerabili per cavi di vario diametro, sia in rame sia in alluminio. Ampie considerazioni sono esposte anche circa i pericoli derivanti dalle perdite dielettriche e circa la influenza delle modalità di posa di cavi entro canali di vario tipo, accennando anche ad alcuni dispositivi di raffreddamento da adottare nel caso di incroci con tubazioni di vapore e simili. *Ri.*

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

W. Schulze — **Problemi della tecnica del vuoto nel campo della tecnica delle correnti forti.** (E. u. M., 10 dicembre 1943, pag. 593 a 602, con 11 fig.). **10 c**

Nella tecnica dei raddrizzatori a vapore di mercurio per produrre il grado di vuoto necessario che è dell'ordine di 10^{-3} Torr (1 Torr = 1 mm Hg) si usa la pompa a mercurio a diffusione. Essa è costituita da un largo tronco di tubo, chiuso sul fondo, da cui si dirama un altro tubo che sbocca nella camera di prevuoto mentre l'estremità libera del tubo principale è in comunicazione con il recipiente in cui si deve fare il vuoto; sul fondo del tubo si trova del mercurio sopra il quale è capovolta una specie di campana con un breve tubo di tiraggio: sulla bocca di questo poi si trova una cappa a tronco di cono rovescio chiuso sul fondo; il complesso è immerso in una camera di raffreddamento a circolazione d'acqua. Riscaldando il fondo del tubo si fa evaporare il mercurio il cui vapore sale nella campana e allo sbocco di questa viene deflesso di 180° dalla sovrastante cappa e va poi a condensarsi sulle pareti. Il getto di vapore funziona da iniettore e richiama il gas dal recipiente imprimendo alle molecole un impulso che le spinge nel locale del prevuoto. La pressione minima raggiungibile con tale dispositivo è dell'ordine di 0,1 Torr, ma disponendo una batteria di più apparecchi in serie si può arrivare a valori molto più bassi. L'A. ricorda anche la pompa molecolare di Gaedesche nella quale le molecole ricevono per attrito da un cilindro rapidamente ruotante un impulso verso la camera di prevuoto; tale pompa può raggiungere altissimi gradi di vuoto ma ha una minore capacità di aspirazione. Viene anche fatto cenno dei fenomeni di assorbimento, per via chimica o fisica, delle molecole gassose da parte delle pareti metalliche. Per la tecnica dell'alto vuoto si sono anche studiate apparecchiature speciali specialmente per gli organi di tenuta: l'A. descrive tre tipi di valvole e robinetti. Per quanto riguarda le resistenze al moto nei tubi a basse pressioni, valgono leggi speciali diverse da quelle del moto laminare o turbolento alle pressioni normali. Nelle basse pressioni (o, come si dice, nel campo di Knudsen) il moto è caratterizzato dal fatto che il percorso libero delle molecole è dello stesso ordine di grandezza del diametro del tubo e perciò gli scontri delle molecole con le pareti del tubo tendono a prevalere (quanto più bassa è la pressione) sugli scontri delle molecole fra loro. Su questa base è possibile elaborare formule esatte per la resistenza al moto nei tubi. Si arriva all'espressione $S = 1/[(l/r^3) + (1/S_0)]$ che esprime che la portata S_0 d'aspirazione di una pompa (litri/sec) viene ridotta a S litri/sec se vi si collega un tubo di aspirazione lungo l mm con raggio di r mm. Praticamente l'influenza della resistenza è grandissima tanto che ad esempio una pompa ad alto vuoto da 20 litri/sec riesce ad aspirare soltanto 0,124 litri/sec (cioè il 0,6 %) se si collega alla bocca un tubo di 10 mm di diametro lungo un metro. Per utilizzare la capacità di una pompa è necessario che il valore totale della resistenza fra recipiente da evacuare e pompa sia numericamente almeno dello stesso ordine di grandezza del valore reciproco della portata della pompa $\Sigma W \ll 1/S_0$. L'A. dimostra come queste considerazioni abbiano interessanti riflessi nei riguardi dei raddrizzatori a vapore di mercurio. Un altro problema interessante è quello di determinare quanta aria possa entrare dall'esterno in un recipiente a vuoto attraverso un foro o una valvola. L'A. elabora la seguente formula: $Q = \pi r^4 / 16\, l\eta$ che lega la quantità Q di aria entrante al raggio r del poro, alla sua lunghezza l e alla viscosità del fluido; la formula è valida quando la pressione p_0 interna si possa ritenere nulla e quella p esterna eguale ad uno (pressione atmosferica); altrimenti la espressione precedente va moltiplicata per $(p_1^2 - p_0^2)$. Quando sia possibile misurare Q, si può, assumendo valori attendibili per l, determinare il raggio r dell'apertura. Nelle prove dei recipienti si può invece riempirli di gas in pressione e misurare la quantità effluente. Per quanto riguarda le misure del grado di vuoto l'A. richiama anzitutto il manometro di MacLeod basato sulla compressione isotermica di un volume di gas che è in comunicazione col recipiente a vuoto, e ne illustra il funzionamento; l'istrumento può essere usato fino a 10^{-6} Torr ma non si presta per i raddrizzatori a mercurio. Il manometro a ionizzazione può essere usato fino a circa 0,1 Torr. Altri istrumenti si basano sulla variazione della conduttività termica dei gas in funzione della pressione e viene descritto un manometro a filo caldo in cui un filo riscaldato elettricamente è immerso nel recipiente e inserito in un lato di un ponte. La misura del vuoto realmente esistente entro un raddrizzatore a vapore di mercurio presenta però particolari difficoltà e occorrono perciò speciali accorgimenti a cui l'A. accenna. In ultimo sono discusse

Biblioteca nazionale centrale di Roma

questioni riguardanti i materiali da impiegare nella tecnica del vuoto e particolarmente quella della permeabilità del ferro ai gas, e quelle relative ai collegamenti delle varie parti. *N.*

G. Himmelberg — **Laminatoi reversibili con raddrizzatori a vapore di mercurio con particolare riguardo alle cadute di tensione che si verificano nella rete di alimentazione.** (Stahl u. Eisen, 9 dicembre 1943, pag. 889 a 894, con 8 fig.). **10 c**

Il funzionamento dei raddrizzatori a griglia di comando durante l'avviamento, l'inserzione e la frenatura può paragonarsi a quello dei gruppi Leonard o Ilgner, ma poichè non possiedono alcuno organo accumulatore di energia analogo al volano del gruppo Ilgner, i colpi di corrente dell'impianto del laminatoio si ripercuotono senza smorzamento sulla rete di alimentazione; oltre ai colpi di corrente attiva si producono anche forti colpi di corrente reattiva che influenzano in modo dannoso le cadute di tensione. Pochi anni or sono un impianto di alimentazione con raddrizzatori a vapore di mercurio fu adottato per l'impianto di un laminatoio in una acciaieria tedesca. In un primo tempo l'impianto comprendeva 2 trio sbozzatori con diametro di 750 mm e un treno medio con 3 duo; lo sbozzatore era però costruito per avere più tardi 3 trio. L'adozione dei raddrizzatori al posto di convertitori ruotanti ha permesso una grande economia di spazio. Il motore del treno sbozzatore ha una potenza continua di 3000 kW a 0-80-160 giri/min; il carico massimo arriva a 7500 kW, la tensione massima è di 1000 V; i raddrizzatori hanno una potenza continua di 3250 kW e sono alimentati da una cabina a 60/6 kV che dista circa 750 m dal laminatoio. Durante i rilievi eseguiti, nella cabina era inserito soltanto un trasformatore da 15 000 kVA. Durante la laminazione di lingotti da 8870 kg di acciaio comune, si rilevarono con apparecchi registratori la potenza attiva e reattiva, la tensione di rete e il numero di giri del motore di comando del laminatoio. Alcune di queste registrazioni vengono riportate dall'A. Le maggiori cadute di tensione riscontrate sulla linea a 6 kV, furono di 2,9 %. Il fattore di potenza all'inizio del lavoro dei cilindri e la punta di potenza reattiva dipende anzitutto dal numero di giri col quale il lingotto viene afferrato dai cilindri; il cos φ è tanto peggiore e la punta di potenza reattiva tanto maggiore quanto più basso è il numero dei giri del motore all'atto dell'imbocco del lingotto nei cilindri; la punta di potenza reattiva è poi tanto maggiore quanto più intensa è la corrente dell'impianto dei raddrizzatori o il momento torcente del motore. Il fattore di potenza medio ricavato durante 5 passaggi (86 secondi) è risultato di 0,446. L'A. confronta i risultati ottenuti con quelli calcolabili mediante il procedimento proposto da Puppe, riscontrando una soddisfacente concordanza. Per diminuire le cadute di tensione nel caso dei grossi laminatoi conviene, quando sia possibile inserire direttamente l'impianto di raddrizzatori sull'alta tensione in modo da avere una rete tanto potente che non si producano cadute di tensione intollerabili. Quando ciò non sia possibile conviene alimentare i raddrizzatori con un trasformatore speciale riservato per essi oppure usare per la loro alimentazione due trasformatori e una linea a due terne. Ci sono poi notoriamente altri mezzi per smorzare le punte di carico reattivo, coll'inserzione di condensatori o di altri utenti che diano luogo a corrente in anticipo sulla tensione nella rete di alimentazione. Naturalmente se la rete non è per sè capace di sopportare l'inserzione dei raddrizzatori, gli accorgimenti che si devono adottare risultano costosi e diminuiscono la convenienza dell'impiego dei raddrizzatori a vapore di mercurio. Bisogna quindi, per diffondere l'uso dei raddrizzatori, che i costruttori si studino di ridurre il carico reattivo dei raddrizzatori stessi agendo sull'alimentazione di griglia. Ciò favorirebbe in molti casi la adozione di questi apparecchi la quale sarà anche facilitata dai crescenti collegamenti fra le reti che danno luogo a sistemi sempre più potenti. *N.*

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA.

W. Bothe — Il ciclotrone (Stahl u. Eisen, 29 aprile 1943, pag. 329 a 332, con 3 fig.). **14 a**

Il concetto fondamentale del ciclotrone è noto: si tratta di accelerare gli ioni mediante una serie di impulsi periodici relativamente leggeri, mentre essi percorrono una traiettoria pressochè circolare, o più approssimativamente spiraliforme. Si usa allo scopo tensione alternata di alta frequenza (lunghezza d'onda di circa 10 m). Per ottenere la traiettoria curvilinea si dispone un forte magnete (10 000 a 20 000 Oe) col campo perpendicolare al piano in cui giace la traiettoria. La accelerazione è ottenuta fra due elettrodi piatti e cavi aventi forma di settore circolare corrispondente a circa un semicircolo; gli ioni si muovono entro gli elettrodi stessi e vengono accelerati ogni volta che passano da un elettrodo all'altro: nell'interno di ciascun elettrodo non vige alcun campo elettrico e perciò gli ioni, sotto l'azione del campo magnetico, si muovono secondo traiettorie circolari; agli elettrodi viene applicata una tensione ad alta frequenza. Questa è stabilita in modo che la polarità degli elettrodi si inverte al momento in cui un ione passa da un elettrodo all'altro; gli ioni vengono così, ad ogni passaggio, accelerati e il raggio della loro traiettoria aumenta. L'aumento della velocità e della lunghezza della traiettoria è tale che il tempo per percorrere ogni tratto semicircolare della traiettoria stessa rimane costante, e così gli ioni restano in sincronismo con la frequenza della tensione alternata applicata agli elettrodi. Mediante uno speciale elettrodo deviatore è possibile, dopo un certo numero di giri, deviare gli ioni accelerati in modo che essi vengono fatti uscire dall'apparecchio attraverso una sottile finestra. Il fascio di ioni accelerati che esce si rende visibile per un certo tratto nell'aria come un pennello luminoso. Praticamente si fanno percorrere alle particelle circa 100 rotazioni prima di estrarle; con 50 kW applicati all'apparecchio l'energia trasmessa alle particelle viene a corrispondere a 10×10^6 volt. Può sembrare difficile che si possa mantenere per oltre 100 giri in rotazione le particelle senza che esse urtino contro le facce piane, assai vicine, dei due elettrodi entro i quali ruotano. Ciò principalmente è dovuto a due fenomeni che concorrono a concentrare gli ioni nel piano mediano: l'azione del campo elettrico fra i bordi degli elettrodi agisce sugli ioni come una lente convergente per la luce; il campo magnetico fra i due poli cilindrici paralleli non è omogeneo ma decresce verso l'esterno e anche questo fatto concorre a mantenere gli ioni nel piano mediano. Se si vogliono raggiungere energie superiori a 20×10^6 V si incontrano difficoltà perchè con energie così elevate, la massa delle particelle aumenta sensibilmente e ne derivano perturbazioni della risonanza. Il ciclotrone più potente finora in esercizio è quello di E. O. Lawrence e Berkeley: esso fornisce un fascio di deutoni con una energia corrispondente a una caduta di 16×10^6 V, circa il doppio dell'energia delle particelle α del Ra C'; l'intensità del fascio corrisponde a quella di 20 kg di radio. Possono anche, con tale apparecchio, venire prodotti raggi α corrispondenti a 32×10^6 V, ma in quantità minore. Il grande magnete ha la forma di un trasformatore trifase, in cui il montante centrale, che porta gli avvolgimenti, è interrotto nel mezzo e vi è inserita la camera di accelerazione; gli elettrodi sono in acciaio e hanno diametro di 1,5 m. Il fascio di deutoni che esce dall'apparecchio si rende visibile nell'aria per una lunghezza di 1,50 m. Il generatore di alta frequenza assorbe circa 60 kW e il magnete altrettanto. La costruzione di un apparecchio di questo genere, e del relativo trasformatore, ha richiesto la risoluzione di difficili problemi tecnici. Il ciclotrone si è rivelato un apparecchio prezioso nelle ricerche di fisica nucleare, permettendo fra l'altro di studiare nuovi tipi di reazioni e di ottenere molti nuovi tipi di atomi radio-attivi. Si tratta di isotopi di atomi noti, aventi le identiche proprietà chimiche ma diverso peso atomico e una emissione radioattiva. Per questa via si possono rivelare e valutare quantitativamente quantità piccolissime di varie sostanze con grande precisione; per la stessa via si può giungere alla determinazione di coefficienti di adsorbimento, di solubilità, di diffusione, velocità di reazioni, ecc. Si può facilmente seguire gli spostamenti che subiscono gli atomi resi radioattivi e quindi studiare, ad esempio, la diffusione entro i metalli; grandi vantaggi possono ottenere per questa via negli studi di fisiologia e nella biologia. Si possono anche ottenere nuovi elementi, come il N. 43, mancante, fra il molibdeno e il rutenio. Altre applicazioni si possono avere per l'esame non distruttivo di materiali in grosse dimensioni. La me-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dicina può trarre vantaggi dalla disponibilità di nuovi elementi radioattivi e si stanno studiando le possibilità di una terapia coi raggi di neutroni, al posto di quelli Röntgen. Sono attualmente in servizio 35 ciclotroni. Ne è progettato uno per il quale il magnete pesa 4900 t, con poli di 4,5 m di diametro; si spera di ottenere raggi con energia corrispondente a 100×10^6 V. *N.*

ELETTROTECNICA GENERALE.

Kneissler-Maixdorf — **Teoria della macchina unipolare.** (E.u. M., 1° ottobre 1943, pag. 479 a 486, con 6 fig.). **15 a**

Come origine della macchina unipolare si può considerarsi il dispositivo proposto da Faraday, nel quale fra un contatto scorrevole sulla superficie di un magnete permanente ruotante e un altro contatto sull'asse di esso si manifesta una differenza di potenziale che si può mettere in evidenza mediante un apparecchio di misura inserito fra i due contatti stessi. Se ne può dedurre la legge che in seguito al movimento di un conduttore in un campo magnetico si genera una forza elettromotrice F espressa dalla equazione vettoriale: $F = v \times B$ (1) dove v è la velocità di un punto del conduttore e B l'induzione magnetica. Come caso particolare se l'asse del conduttore, la sua velocità, e la direzione del campo magnetico sono disposti perpendicolarmente fra loro, la forza elettromotrice fra due punti E_B risulta data scalarmente da $E_B = l\,v\,B$; l'A. chiama questa E_B, forza elettromotrice di movimento. Naturalmente riguardo a quanto sopra nulla varia se invece di un magnete permanente si tratta di un pezzo di ferro dolce magnetizzato da una bobina ruotante oppure no col ferro stesso; la equazione (1) è poi indipendente dalle variazioni del campo B nel tempo. Oltre alla forza elettromotrice di movimento F si genera però anche una forza elettromotrice dovuta al campo elettrico E che, fra due punti di un conduttore è espressa da $\int E\,ds$; il campo elettrico che si genera nello spazio scaturisce da due origini: quello E_q dipendente dalla quantità di elettricità e quello dipendente dalle correnti vorticose E_w. In base alla seconda equazione di Maxwell si può porre: rot E = rot $E_w = -(\delta B / \delta t)$ (2). Le equazioni (1) e (2) sono fondamentali ma il loro impiego pratico è scomodo quando si tratti di calcolare la forza elettromotrice risultante. Sarebbe assai opportuno poter fondere le due equazioni in una sola che permettesse il calcolo diretto e rapido della forza elettromotrice; tale fusione va però studiata con grande prudenza essendo facile, come l'A. avverte, incorrere in errori di concetto nel considerare le due forze elettromotrici, di movimento e dovuta al campo elettrico. L'A. esamina e discute le due equazioni. Nel caso generale non si può arrivare a fondere in una sola le due equazioni. Ciò riesce però in due casi particolari. Da queste considerazioni di ordine teorico l'A. deduce conseguenze pratiche circa la realizzazione costruttiva di vari tipi di macchine unipolari. *N.*

FISICA, CHIMICA E MATEMATICA.

J. Böhm — **La trasmissione del calore nel campo di passaggio dalla corrente laminare a quella turbolenta.** (Wärme, gennaio 1944, pag. 3 a 12, con 18 fig.). **16 b**

L'A. riferisce circa esperienze eseguite per studiare i fenomeni di trasmissione di calore per convezione quando il fluido vettore ha una velocità che sta intorno al valore critico per cui si passa dal regime laminare a quello turbolento, in corrispondenza al quale passaggio, come è noto, le leggi del moto e della convezione cambiano completamente. Come fluido vettore si usò durante le esperienze l'etilenglicolo, il quale si va diffondendo nelle applicazioni tecniche come fluido refrigerante nella costruzione delle macchine e anche negli impianti frigoriferi; in confronto alla refrigerazione con circolazione d'acqua si ottiene una forte diminuzione del peso di fluido circolante e di superficie di raffreddamento. L'A. riporta in tabelle le caratteristiche fondamentali del glicolo e delle miscele di esso con acqua, illustrandole anche in diagrammi. Vennero eseguite tre serie di esperienze con temperatura media di fluido di 37, 49 e 50 °C, e con glicolo puro (contenente da 5 a 10 % di acqua). Per le esperienze serviva un tubo di ottone di 20 mm di diametro, 2 mm di spessore, lungo 2480 mm, raffreddato ad acqua; la temperatura della parete stava fra 25 e 33 °C e la differenza fra la parete e il fluido era di 15 a 30 °C; la velocità del glicolo variava fra 0,25 e 1,1 m/sec; in corrispondenza a queste diverse condizioni il numero di Reynolds variava fra 350 e 3500. In altre esperienze fatte usando miscele di glicolo e acqua si raggiunsero numeri di Reynolds fino a 25 000 quindi nettamente nel campo turbolento. I risultati delle esperienze sono presentati dall'A. mediante diagrammi in doppia scala logaritmica, portando in funzione dei diversi valori del numero di Reynolds i corrispondenti valori del numero di Nusselt. I diagrammi mostrano chiaramente una discontinuità entro il campo di valori del numero di Reynolds fra 2000 e 2500, cioè nell'interno del valore critico 2300, segnalando così il passaggio del regime laminare a quello turbolento. L'A. svolge poi un ampio confronto con i risultati pubblicati da altri sperimentatori facendone una discussione critica. Dal complesso delle esperienze deduce la conclusione che le formule approssimate di Hoffmann ($Nu = 0{,}0237\,Re^{0{,}81}\,Pr^{0{,}33}$, per $Pr = 1{,}7 \div 14$; e $Nu = 0{,}216\,Re^{0{,}86}\,Pr^{0{,}33}$, per $Pr = 10 \div 300$), che legano il coefficiente di Nusselt Nu, ai numeri di Reynolds Re e di Prandtl Pr sono tanto più approssimate quanto più elevato è il numero di Pr del fluido che cede calore. Altre esperienze furono eseguite per studiare la influenza della forma della bocca di ingresso nel tubo sul formarsi della turbolenza. Furono in proposito adoperate 3 forme tipiche di imboccatura a profilo brusco o raccordato. Le esperienze furono condotte a varie temperature e con varie velocità. Nel complesso si è riconosciuto che, con l'elevarsi della velocità di corrente nel tubo, l'influenza della turbolenza prodotta dalla forma della imboccatura diventa sempre meno sensibile rispetto alla turbolenza dovuta alla corrente stessa nel tubo; per valori del numero di Reynolds da 15 000 in poi la turbolenza dovuta all'imboccatura non rivela nessuna influenza sul coefficiente di trasmissione del calore ma si rende manifesta invece, aumentandolo sensibilmente, nel campo di valori del numero di Reynolds fra 3 000 e 10 000. A complemento delle precedenti esperienze ne furono eseguite altre con soluzioni di Ca Cl_2 e anche di esse l'A. riferisce ampiamente. Si è riconosciuto che in corrispondenza al campo di valori del numero di Reynolds fra 2 300 e 10 000, il coefficiente di trasmissione del calore assume valori inferiori a quelli che si ricavano dalle ordinarie formule le quali risultano applicabili soltanto quando si sia in regime di completa turbolenza, con $Re > 10\,000$. Per il regime laminare l'A. fornisce formule che corrispondano bene ai valori sperimentali. *N.*

GENERATORI E MOTORI SINCRONI.

Harms — **Trattazione dei problemi elettrici delle macchine sincrone coll'aiuto del sistema unitario.** (E.u.M., 1° ottobre 1943, pag. 465 a 472, con 8 fig.). **17 a**

Una grandezza, quale viene usata nella fisica o nella tecnica, è sempre un prodotto di un valore numerico e di una dimensione. Così l'eguaglianza $N = 750$ kW è un'eguaglianza di grandezze; di fronte a queste stanno le eguaglianze puramente numeriche. Volendo calcolare sempre soltanto con puri valori numerici è necessario introdurre al posto di ogni grandezza, il rapporto fra essa e un'altra grandezza della stessa dimensione, ponendo, ad esempio, $n = N/N_n$ la quale indica che la nostra potenza N è n volte quella N_n nominale della macchina. Quando dunque associamo al valore attuale la potenza normale della macchina, noi adottiamo un sistema di unità nel quale le grandezze (indicate in seguito con lettere maiuscole) diventano numeri puri. La potenza nominale della macchina (e così le altre grandezze nominali di essa) esprime quindi il valore $n = 1$. Ne segue che nel sistema unitario i numeri indicati rappresentano determinate grandezze soltanto se è noto anche il valore nominale. È quindi opportuno stabilire chiaramente i valori nominali ai quali si farà riferimento. L'A. indica i seguenti: N_n = potenza nominale (attiva o reattanza); M_{dn} = momento torcente a carico nominale e a numero di giri nominale; U_{2n} = tensione nominale ai morsetti dell'avvolgimento statorico; I_{2n} corrente nominale dell'avvolgimento statorico; $I_{1n} = I_{10L}$ = corrente del rotore necessaria per produrre la tensione nominale ai morsetti, al numero di giri nominale e macchina non saturata, nel funzionamento a vuoto; cos φ_n = fattore di potenza nominale;

Biblioteca nazionale centrale di Roma

U_{1n} = tensione del rotore con la corrente nominale I_{1n} e avvolgimento di rotore caldo; Φ_n = flusso a frequenza fondamentale necessario per produrre la tensione nominale a numero di giri nominale; X_n, R_n = valore nominale della resistenza e della reattanza ($U_{2n}/\sqrt{3}\,I_{2n}$ per collegamento stella, $\sqrt{3}\,U_{2n}/I_{2n}$ per collegamento a triangolo); Θ_n, valore nominale delle ampere-spire necessarie per produrre la tensione nominale, a vuoto e giri nominali, con macchina non saturata. Fra i diversi esempi svolti dall'A. per illustrare la comodità del sistema proposto vi è quello della determinazione dell'eccitazione di una macchina in base alle curve a vuoto e in cortocircuito determinate sperimentalmente. Trascura dapprima la saturazione, ammettendo che vi sia proporzionalità nel funzionamento a vuoto fra la corrente I_1 del rotore e la tensione U_2 dello statore; inoltre ammette che le tensioni e le correnti siano sinusoidali. Messo in cortocircuito lo statore, in esso, eccitando il rotore, fluisce la cosidetta corrente di cortocircuito permanente e portando in diagramma le due correnti, di rotore e di statore, troviamo la nota caratteristica di cortocircuito la quale, anche tenendo conto della saturazione, ha un andamento rettilineo. A questo proposito è da osservare quanto segue: il campo prodotto dalle ampere-spire rotoriche genera nello statore una tensione in ritardo di 90° la quale a sua volta genera una corrente praticamente in ritardo di 90°; si produce così un'onda di flusso ruotante sincronicamente col rotore che, rispetto al flusso rotorico è in ritardo di 90 + 90 = 180°. Se le sbarre del rotore fossero poste in cave tanto profonde che tutte le linee di forza da esse prodotte tagliassero gli avvolgimenti di statore e di rotore, i due flussi sarebbero anche eguali e si annullerebbero a vicenda. Alla stessa conclusione arriviamo se tralasciamo la reazione statorica e immaginiamo inserita una reattanza che richieda una tensione eguale a quella generata dal flusso statorico. In realtà vi è un flusso disperso che si concatena soltanto collo statore e il diagramma vettoriale si modifica; però tenendo conto della piccola saturazione la caratteristica rimane sensibilmente rettilinea. Anche qui arriviamo allo stesso risultato se sostituiamo al flusso statorico reagente col rotore, una reattanza inserita ai morsetti dello statore la quale assorba la stessa tensione e che si può chiamare reattanza d'armatura. Aggiungendo a questa la reattanza di fuga X_σ, possiamo scrivere la nota relazione della reattanza sincrona: $X_s = X_A + X_\sigma$ (ohm per sbarra). Poichè la ruota polare colla corrente nominale di rotore I_{1n} produce la tensione U_n e sullo statore fluisce la corrente di cortocircuito permanente I_{2d}, possiamo scrivere la $X_s = U_n/I_{2d}$ e nel sistema unitario: $x_s = X_s/X_n = (U_n J_{2n})/(I_{2d} U_n) = I_{2n}/I_{2d} = 1/i_d$, dove i_d è la corrente di cortocircuito permanente, nel sistema unitario, con eccitazione a vuoto e macchina non saturata. Con questa semplice espressione della reattanza singola si può per ogni ipotesi di carico dedurre l'eccitazione necessaria. L'A. dimostra l'opportunità dell'impiego del cosidetto sistema unitario mediante lo sviluppo di esempi numerici relativi al problema qui indicato e ad altri problemi sulle macchine sincrone. *N.*

IDRAULICA.

M. Pedrazzini — Diga provvisoria per sopraelevare il livello di un fiume. (A.S.E. Bull., 23 febbraio 1944, pag. 95 a 96, con 2 fig.). **18 c**

L'A. riferisce su lavori eseguiti per garantire ad una centrale idroelettrica ad acqua fluente una sufficiente alimentazione anche in periodo di acque basse. La centrale di Pontebrolla sul Maggia (Svizzera) utilizza il fiume Maggia, a carattere torrenziale con portata variabile da un minimo di 3 m³/sec, negli inverni freddi e secchi, a massimi che possano anche superare 1000 m³/sec, con correnti molto impetuose. Ciò rendeva particolarmente difficile la costruzione di uno sbarramento provvisorio che doveva essere semplice, facile a montare e poco costoso. Nel 1924-1925 per evitare il pericolo della formazione di una escavazione nel materiale alluvionale del fondo si era costruito attraverso il corso del fiume uno sbarramento in cemento armato largo 5 m e profondo altrettanto, coperto in parte con blocchi di granito e in parte con travi di legno duro. Per mantenere una adeguata alimentazione al canale della centrale anche in periodi di magra, è necessario, appena il livello dell'acqua scende sotto a 30÷40 cm sopra il ciglio dello sbarramento, di elevare l'altezza di esso con un dispositivo di ritenuta. La soluzione adottata consiste in una parete di tavole di legno appoggiate a montanti, pure di legno, i quali sono incastrati in basamenti di ferro annegati entro il calcestruzzo, e sono distanziati fra loro di 2 m. Quando il livello dell'acqua scende, si mettono in posto i montanti e si chioda ad essi una prima fila di tavole; quando occorra se ne può poi chiodare un'altra e una terza sovrapposte. Basta una giornata di 3 operai per il montaggio. Naturalmente se sopravviene una piena improvvisa lo sbarramento provvisorio verrà portato via ma il costo del materiale perduto è in ogni caso assai modesto. *N.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

D. Högger — **Il tremolio di parti mobili alla luce di lampade a scarica a funzionamento discontinuo e la sua importanza per l'illuminazione delle fabbriche.** (A.S.E. Bull., 23 febbraio 1944, pag. 90 a 95). **19 a**

Come è noto le lampade a scarica in gas alimentate a corrente alternata non emettono un flusso luminoso continuo ma una serie di sprazzi luminosi rapidamente susseguentisi il cui numero per secondo è doppio della frequenza di alimentazione. Ciò non disturba la visione di oggetti fissi ma se vi sono oggetti in rapido movimento può manifestarsi uno sgradevole tremolio. Nelle esperienze eseguite in proposito l'A. si è servito di una lampada a vapore di mercurio, di una a vapore di sodio e di una a sostanza fluorescente, la luce delle quali poteva venire combinata con quella di lampade a incandescenza; l'alimentazione era fatta a 50 p/s. Attraverso una feritoia orizzontale lunga 17 cm veniva osservato il movimento della periferia di una ruota di bicicletta sulla quale si era fissata una striscia di carta d'argento larga 6 mm oppure 17 mm, la velocità della quale era facilmente rilevabile. Mentre a velocità molto alta la striscia d'argento non era più visibile, quando essa passava attraverso il campo di osservazione con una velocità angolare di 1,4 a 1,7 secondi, si percepiva un lampo ad ogni passaggio, senza che la forma della striscia risultasse visibile. A velocità ancora più bassa si vedevano brillare 2, poi 3, poi sempre più strisce una accanto all'altra, ad ogni passaggio; diminuendo ancora la velocità, le singole immagini, prima nettamente distinte, si andavano gradatamente fondendo in una immagine continua brillante. Finalmente si distingueva la singola immagine passare, senza tremolio, attraverso il campo di osservazione. I risultati numerici delle osservazioni sono riportati in tabella. Si è riconosciuto anzitutto che la velocità alla quale ha inizio l'impressione di tremolio dipende dalla distanza di osservazione e precisamente aumenta con essa. Dalla discussione dei risultati di esperienze si deduce che il tremolio degli oggetti mobili in luce discontinua dipende dal rapporto $\omega : A$, dove ω è la velocità angolare dell'oggetto nel campo visivo e A la dimensione dell'oggetto nella direzione del moto, misurata in unità d'angolo. Il tremolio comincia quando, aumentando la velocità, il rapporto suddetto supera il valore 0,003 a 0,04; a questo punto le singole immagini non possono più essere giustapposte una accanto all'altra. Quando però si tratti di oggetti di dimensioni rilevanti la velocità critica è più piccola di quella che risulterebbe dalla formula perchè, per un dato grado di illuminazione essa non dipende più che dalla velocità angolare la quale determina la grandezza delle immagini sulla retina. Nei locali di lavoro illuminati con lampade a scarica il tremolio o l'effetto stroboscopico possono produrre inconvenienti soltanto in casi rari. Infatti, secondo l'A, i movimenti di lavoro che vengono osservati coscientemente non raggiungono mai la velocità critica, la quale non permetterebbe più una percezione sufficiente dell'oggetto, nemmeno con illuminazione continua; d'altra parte la velocità periferica delle ruote è generalmente troppo bassa per produrre l'effetto stroboscopico; qualora poi si verificasse, in generale è facile sottrarre l'oggetto alla vista mascherandolo in qualche modo. La esperienza poi ha dimostrato che i lavoratori in generale non percepiscono alcun effetto stroboscopico e non se ne lamentano nè ne soffrono. La questione studiata non implica quindi alcun inconveniente od ostacolo alla diffusione, nell'industria, delle lampade a scarica. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

IMPIANTI.

M. Steffes — **Convenienza dell'esercizio a gas o a vapore per la produzione di energia elettrica nelle acciaierie.** (Stahl u. Eisen, 12 agosto 1943, pag. 573 a 580, con 14 fig.). **20 f**

Nelle acciaierie la produzione dell'energia elettrica necessaria può essere effettuata con gruppi generatori comandati da turbine a vapore o da motori a gas. L'A. svolge un ampio confronto fra questi due tipi di impianti nei riguardi della reciproca convenienza economica; a tale scopo analizza le varie voci che vengono a costituire il costo del kWh in base allo stato attuale della tecnica per quanto riguarda le pressioni, le temperature, il numero dei giri, ecc. Il costo dell'energia prodotta dipende dalla potenza nominale N, dal coefficiente di carico φ e dal coefficiente di utilizzazione β. Il costo p del kWh si ricava dalla spesa oraria totale P mediante la relazione: $p = P/N\varphi\beta$. D'altra parte il costo del kWh dipende dagli oneri derivanti dalla spesa di impianto, dal consumo di combustibile e dalla spesa per manutenzione, personale, ecc. Analizzando l'influenza di queste tre voci si arriva alla seguente espressione della spesa oraria per produzione di energia: $P = (a_1 k N^{c_1}/8760) + (a_2 N\varphi + b_2 N^{c_2})\ r\beta + + (a_3\beta + b_3)N^{c_3}$ (lire/ora) e da questa si ricava p colla relazione precedente. Il significato delle lettere è il seguente: a_1, c_1, a_2, c_2, a_3, b_3, c_3 sono costanti che dipendono dal tipo di macchina, dal fluido motore (gas o vapore) e dalle condizioni del mercato (mano d'opera, pezzi di ricambio, ecc.). In alcuni diagrammi sono messe in evidenza le influenze delle varie grandezze. Per un dato fattore di carico, la spesa oraria aumenta linearmente con l'aumentare del fattore di utilizzazione; il costo del kWh diminuisce con la legge iperbolica coll'aumentare di β; la spesa oraria non si riduce a zero quando $\beta = 0$ perchè le spese di manutenzione non si annullano. Nel confronto fra macchina a gas e turbina a vapore vi è un valore limite della potenza per il quale la spesa totale risulta eguale per i due tipi di impianto, a parità dei fattori φ e β. Analizzando le varie voci, l'A. riporta in un diagramma l'andamento dei costi di installazione (lire/kW e spesa totale) per impianti a gas o a vapore per potenze fino a 15 000 kW l'impianto a gas risulta sempre più caro di quello a turbina e la differenza è tanto maggiore quanto maggiore la potenza installata. Assumendo un onere fisso complessivo del 15 % sulla spesa di impianto deduce l'influenza di tale spesa sul costo del kWh e ne riporta i risultati in altro diagramma per vari valori dei coefficienti β e φ per l'impianto a gas o a turbina. Si nota che l'influenza della spesa di impianto sul costo del kWh è tanto maggiore quanto minore è l'utilizzazione complessiva dell'impianto; è quindi opportuno spingere il più possibile l'utilizzazione; in senso favorevole influiscono la piccolezza della riserva e l'aumento della potenza unitaria del macchinario generatore. Per valutare l'influenza della spesa per combustibile bisogna tenere conto della legge di variazione di tale consumo col carico della macchina: in due diagrammi sono presentati i dati di consumo (totale e unitario) di gas d'alto forno, per motori a gas, e di vapore, per turbine a vapore, in funzione del carico e per unità di varia potenza fino a 10 000 e a 15 000 kW; i consumi unitari sono fortemente influenzati dal fattore di carico ma dipendono poco o nulla (a eguale fattore di carico) dalla potenza della macchina considerata. Altri due diagrammi illustrano invece la influenza della spesa per combustibile nel caso di impianto a gas o a turbina; il confronto è fatto ritenendo 0,9 m³ di gas (1000 cal/m³) equivalente a circa un kg di vapore, ciò che corrisponde ad assumere un rendimento di circa 0,83 per la caldaia: i diagrammi danno la spesa oraria e quella per kWh in funzione della potenza della macchina e di vari valori di β e di φ. Per un fattore di carico superiore a 0,5 la macchina a gas è preferibile alla turbina sotto l'aspetto del consumo di gas. Altri due diagrammi analoghi ai precedenti si riferiscono alle spese di esercizio e manutenzione; gli oneri per kWh diminuiscono con la potenza nominale della macchina, coll'aumentare del fattore di carico e col diminuire del fattore di utilizzazione; in generale essi sono minori per la turbina che per il motore a gas. Riassumendo i risultati dell'analisi precedente l'A. presenta 4 diagrammi (rispettivamente per valori di β = 1 - 0,75 - 0,50 - 0,25) ciascuno dei quali rappresenta in una famiglia di curve (per φ = 1-0,75-0,50) il costo del kWh per macchine di varia potenza, rispettivamente motori a gas o turbine a vapore. Il luogo delle intersezioni delle due famiglie di curve divide i diagrammi in due campi ai quali rispettivamente corrisponde la maggior convenienza di impiego dell'una o dell'altra macchina. Si può anche tracciare un diagramma con ascisse i valori di β e ordinate quelli di φ, dove si tracciano le curve di eguale convenienza per macchine di varia potenza. L'A. passa anche, secondo certe assunzioni di dati, al calcolo del costo effettivo in marchi per kWh. Tale costo presenta un minimo (supposto φ = 1) per la macchina a gas quando β = 0,75 e per la turbina quando β = 0,50; per una potenza totale funzionante di 20 000 kW ciò corrisponde a installare rispettivamente 4 motori a gas da 6700 kW o due turbine da 20 000 kW; al di sotto di β = 0,75 riesce più conveniente la turbina, per valori di β superiori il costo per kWh riesce minore col motore a gas. In generale per $\varphi = \beta = 1$ le considerazioni e i dati assunti dall'A. porterebbero a ritenere più conveniente il motore a gas per potenze unitarie inferiori a 7500 kW, e la turbina per potenze superiori. L'A. aggiunge altre considerazioni relative ad altri minori elementi di giudizio nella scelta dei due tipi di macchine. *N.*

MECCANICA.

A. Geissler — **Avviamento e regolazione di corpi ruotanti.** (E. u. M., 20 ottobre 1943, pag. 537 a 539, con 2 fig.). **27**

Nel caso di macchine ruotanti ad avviamento pesante, o di frequenti arresti, è interessante determinare a quali condizioni deve soddisfare il motore di comando per realizzare le migliori condizioni di servizio, onde poter scegliere opportunamente il motore più adatto fra quelli di serie oppure stabilire quali modifiche si devono apportare, specialmente al rotore, per renderlo atto al servizio a cui è destinato. Le grandezze da prendere in considerazione nei riguardi dell'avviamento o dell'arresto sono: il momento di inerzia del corpo da accelerare, la potenza nominale e il numero di giri del motore, il momento di avviamento e di sincronismo, l'energia accumulata nelle masse ruotanti, il tempo per l'avviamento e la intensità massima di corrente tollerabile per la sicurezza del motore. Per l'arresto bisogna inoltre considerare se esso deve avvenire esclusivamente per via meccanica, per attrito, o per via elettrica. Le dimensioni del motore vengono determinate sopratutto dalla resistenza del rotore, dalla corrente statorica, dallo scorrimento e dal calore sviluppato. Per tener conto rapidamente delle relazioni fra le varie grandezze in gioco è opportuno ricorrere a abachi grafici a rette parallele, specialmente a scopo di controllo. L'A. presenta appunto due di tali abachi. Stabilisce la relazione fondamentale $\Sigma M = I_d \varepsilon$ fra il momento M di avviamento o di arresto (kgm), il momento di inerzia complessivo I_d delle masse da accelerare o rallentare, e l'accelerazione angolare ε. Poste $I_d = GD^2/4g$ e $\varepsilon = d\omega/dt$, si giunge all'espressione del tempo t (in secondi) della durata dell'avviamento o dell'arresto: $t = GD^2 n/375\ M$. Nel primo degli abachi presentati sono tracciate 4 rette parallele su cui sono segnati rispettivamente i valori di t, n, GD^2, M nonchè una retta ausiliaria; collegando il valore di n con quello di GD^2 e dal valore M tracciando un segmento per il punto d'incontro con la retta ausiliaria, si legge sulla prima retta il corrispondente valore t. Il secondo abaco, a 3 rette parallele consente di determinare la potenza necessaria, una volta stabiliti i valori di n e di M. Con facili artifici si può anche procedere alla determinazione del tempo di avviamento una volta stabilita una potenza media. *N.*

L'ELETTROTECNICA è la sola rivista tecnica il cui abbonamento sia pagato posticipatamente attraverso i versamenti delle Sezioni, sempre ritardati perchè alcuni Soci non versano con puntualità la loro **quota.**

Biblioteca nazionale centrale di Roma

NUOVE MACCHINE ED UTENSILI

DI GRANDE RENDIMENTO

FIG. 1 - Limolatrice da banco ad albero orizzontale, motorizzata, a 5 velocità

FIG. 5 - Limòla a disco, tipo D2

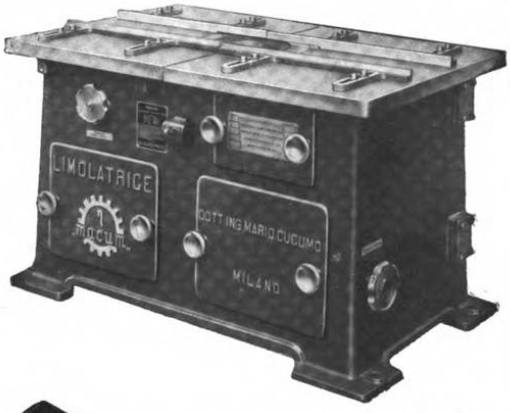


FIG. 3 - Limolatrice ad albero verticale, motorizzata, a 5 velocità, con l'utensile e mezzo piano spostabili verticalmente

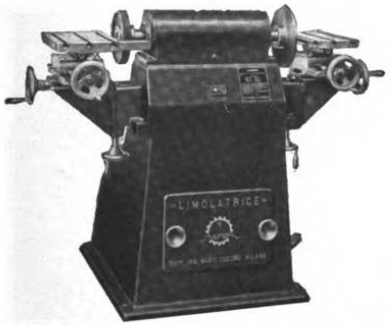


FIG. 2 - Limolatrice doppia con basamento ad albero orizzontale, motorizzata, a 5 velocità

FIG. 4 - Limòla ad anello, tipo A4

Le limolatrici sono, con successo, in uso presso grandi e medie industrie.

PRODOTTI ITALIANI BREVETTATI IN ITALIA ED ALL'ESTERO

Le figure 1-2-3 rappresentano macchine Limolatrici che lavorano con utensili Limòle di cui alle figure 4-5 • Le Limolatrici servono per limare meccanicamente e le Limòle per sostituire lime e mole. La capacità di produzione delle Limolatrici è sestupla rispetto al lavoro con lime a mano e tripla rispetto al lavoro con le mole • Il consumo delle Limòle è assai minore del consumo delle lime a mano, poichè la Limòla lavora sempre nel medesimo senso sul pezzo in lavorazione, mentre la lima a mano viene spinta alternativamente avanti e indietro logorandosi quindi rapidamente • La fatica dell'operaio è infinitamente minore poichè è la macchina che si assume il lavoro ed oltre che ottenere una notevole maggior produzione, il lavoro risulta più perfetto • La Limolatrice viene impiegata con successo non soltanto per limare metalli e materiali duri e teneri, ma anche nella lavorazione dei metalli leggeri al posto della molatura col vantaggio che le Limòle non s'impastano e non producono polvere; inoltre con le Limòle è evitato il grave pericolo presentato, per l'alta velocità, dalla rottura delle mole ed il grave danno della silicosi • Così come le lime a mano, anche le Limòle hanno le differenti dentature, adatte per lavorare i metalli e i materiali di differenti durezze. Esse sono di acciaio speciale, in un sol pezzo; hanno denti fresati secondo una disposizione che offre il massimo rendimento e sono eseguite non soltanto con profilo rettilineo ma anche con profilo convesso e concavo • Le Limòle quando sono consumate si possono riaffilare diverse volte a freddo, rapidamente ed economicamente con uno speciale bagno elettrolitico il quale, lasciando inalterata la tempera e ristabilendo gli angoli di taglio primitivi, non ne altera di conseguenza il rendimento • Le Limolatrici sono motorizzate e hanno 5 velocità colle quali è possibile lavorare razionalmente:

GHISA • ACCIAIO, FERRO • BRONZO, OTTONE, RAME • ALLUMINIO, ARGENTO, PIOMBO, STAGNO • MAGNESIO, RESINE, LEGNO, CUOIO, GOMMA

DOMANDATE IL PROSPETTO "G,

(68)

macum
MARCA DI FABBRICA

BREVETTI E PRODOTTI **DOTT. ING. MARIO CUCUMO - MILANO**

VIA STRESA, 16
TELEF. 691.530

INDIRIZZO TELEGRAFICO **"INGERCUCUMO"** - MILANO

Biblioteca nazionale centrale di Roma

RELÈ CGE

PER PROTEZIONE, MISURA, CONTROLLO

Relè di massima corrente a induzione

Relè di corrente

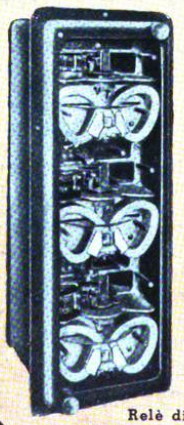
Relè di tensione

Relè ausiliario

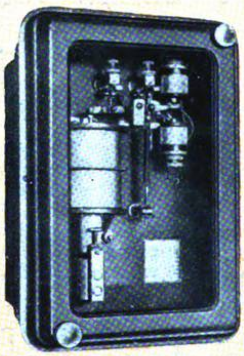
Relè a ripetizione

Relè a cartellini

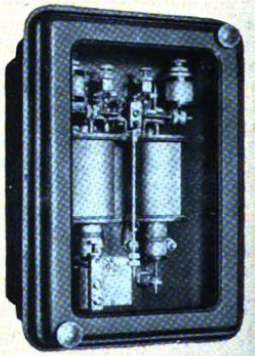
TIPI CON CUSTODIA UNIFICATA



Relè di protezione differenziale



Relè limitatore di corrente



Relè di misura a due bobine

CGE

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO

INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

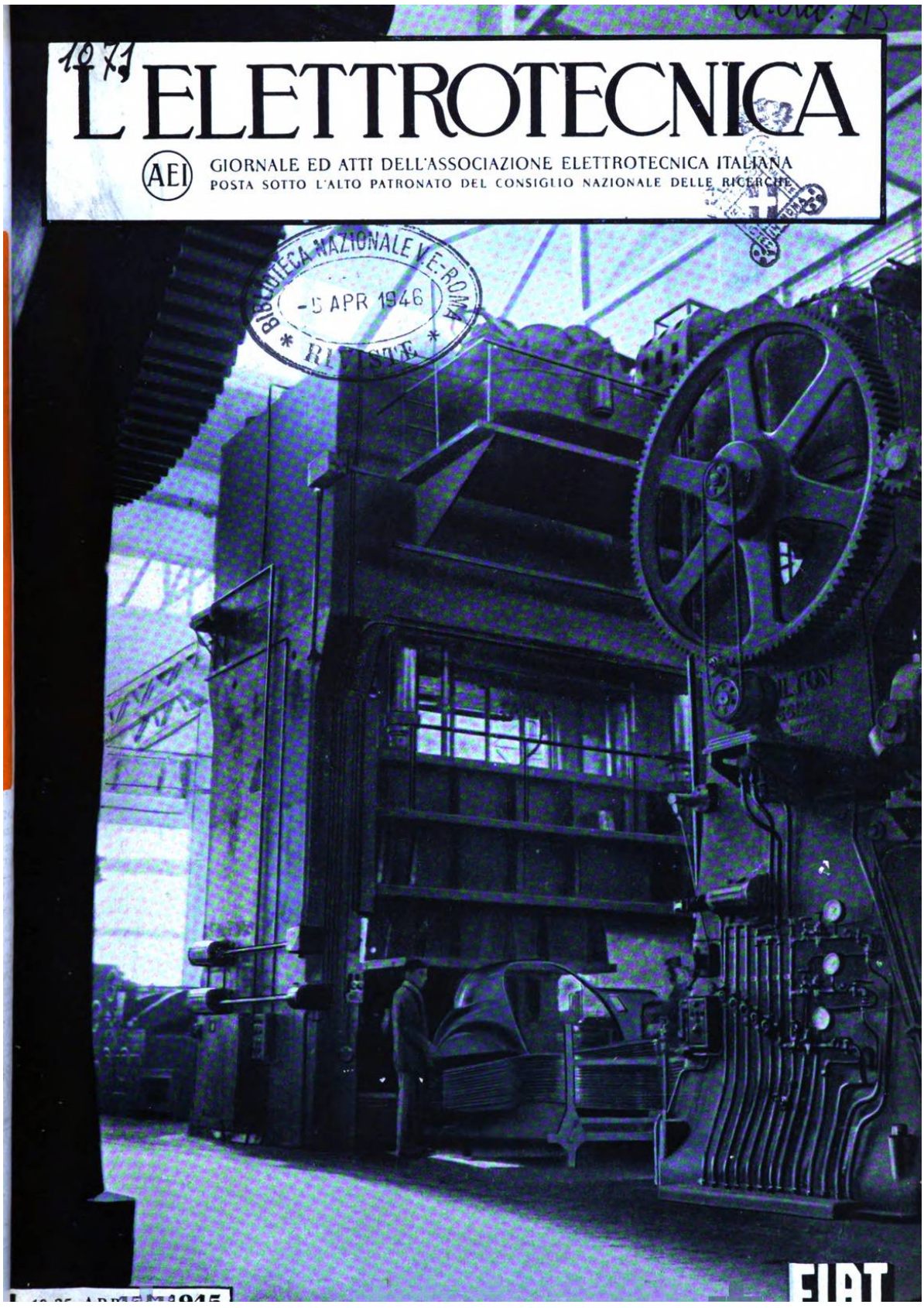
Biblioteca nazionale centrale di Roma

1071

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE V.E. - ROMA
- 5 APR 1946
* RIVISTE *



Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Aprile 1945 N. 4
Pubblicato il 10 Agosto 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA – U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO – F. NERI - G. SILVA, REDATTORI – M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A.E.I. – MILANO – VIA SAN PAOLO, 10 – TEL. 13-713 – C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI – GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A.E.I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. – IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,–; PER I NON SOCI L. 50,–.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Considerazioni sulla unificazione delle tensioni (M. MELONE). Pag. 78
Nuove possibilità di commutazione nella conversione diretta dell'energia elettrica (C. COSTADONI - continuaz. e fine. v. N. 3, pag. 54) . . . . . » 81
Lettere alla Redazione: A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica (L. LOMBARDI - E. BENEVENTANI) . . » 96
Dalle Riviste . . . . . » 9[illegible]
Notizie dell'Associazione:
Notizie della Sezione di Milano . . . . . » 97
Errata corrige . . . . . » 100

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 29 D
Cronaca Tecnica . . . . . » 36 D

Lavoriamo!

Con questo titolo pubblicammo nel novembre 1918 e nel novembre 1919 due note di redazione occasionate rispettivamente dal disastro di Caporetto e dalla vittoriosa fine della prima guerra mondiale. La medesima esortazione ci sembra più che mai necessario rivolgere in questo momento ai nostri lettori, per estenderla, se fosse possibile, a tutti gli italiani. Nella grande euforia occasionata dalla fine della guerra guerreggiata — euforia che può sembrare alquanto eccessiva a chi consideri come si è svolta per noi questa seconda guerra mondiale — e nella felicità derivante dalla riacquistata libertà di pensiero e di parola, sembra infatti che la maggior parte degli italiani non abbiano altro da fare, che parlare e discutere di questioni politiche e vadano alquanto perdendo la voglia di lavorare. (Non parliamo di coloro [e non sono pochi!] che, approfittando dello squilibrio economico, si sono più o meno improvvisati « lavoratori del commercio » e, perdendo ogni senso di quello che è equo e di quello che non lo è, contribuiscono ad esasperare una situazione già per se stessa tanto grave).

Eppure non mai come in questo momento ci sarebbe bisogno di lavorare, quando tutto è da ricostruire o riorganizzare: strade, case, comunicazioni, impianti ed industrie; senza parlare, dato che esorbiterebbe dal nostro campo, della ricostruzione morale, tanto più necessaria ed importante di quella materiale!

Vero è che alla maggior parte delle attività industriali mancano oggi, paurosamente, le materie prime e soprattutto il carbone; ma non dobbiamo dimenticare che l'indispensabile aiuto degli Alleati — da cui fatalmente dipendiamo — sarà tanto più pronto e largo, quanto più il popolo italiano mostrerà serietà di propositi e di intenti nell'accingersi all'immane lavoro di ricostruzione che lo attende.

E gli elettrotecnici devono essere in prima linea in questa opera di ricostruzione.

La guerra disastrosa ha messo, come non mai prima, in evidenza l'importanza basilare dell'industria elettrica. Basta pensare un momento quanto più spaventose ancora sarebbero state le nostre condizioni se anche l'energia elettrica fosse venuta a mancare. Ogni sforzo dovrà essere inteso alla riattivazione ed al rinnovamento degli impianti devastati e poi all'intenso, organico sfruttamento di tutte le risorse idroelettriche ancora disponibili, pure non dimenticando che esse non potranno mai emanciparci dal combustibile straniero e dalla necessità quindi di trovare una forma di onesta e leale convivenza con tutti gli altri Paesi del mondo.

Lavoriamo! Tutti, seriamente, indefessamente. Non v'è forma di attività per quanto apparentemente lontana dalle più impellenti necessità del momento che non sia utile all'attività collettiva; come l'attività della più modesta delle miriadi di cellule che costituiscono l'organismo vivente è necessaria alla sua vita. Lavoriamo!

Svalutazione e prezzi.

Delle innumerevoli difficoltà di ogni genere, fra le quali si dibatte oggi il nostro disgraziato Paese, una delle più gravi certamente, a chi ben consideri, è l'incertezza circa la quota finale a cui si arresterà — come è da augurarsi — la nostra lira nella sua discesa che sta diventando precipitosa. La conoscenza di tale assintoto non solo consentirebbe di iniziare una vera riorganizzazione di tutta l'economia nazionale, ma contribuirebbe assai efficacemente ad affrettare la riorganizzazione stessa, dato che sorgerebbe quasi spontanea la tendenza a riportare tutti i prezzi al nuovo regime.

Ciò non essendo, assistiamo oggi — come già dopo la fine dell'altra guerra, che pure era stata per noi vittoriosa — ad una vera ridda disordinata di tutti i prezzi e di tutti i valori, ma con netta tendenza all'aumento generale, nonostante il ribasso che qua e là si manifesta su qualche voce.

In tali condizioni anche tutta l'economia della nostra Associazione rimane gravemente scossa e lo studio dei provvedimenti atti a rinsaldarla costituisce il più grave compito riservato alla nuova presidenza. Frattanto si è dovuto provvedere d'urgenza ad un aumento dei prezzi di vendita di tutte le pubblicazioni sociali, e le nuove cifre per essi stabilite non potranno stupire quando si pensi che, nel giro di poche settimane, abbiamo visto i quotidiani, pur ridotti a due sole facciate, salire da 50 centesimi a tre lire! Particolarmente grave è la situazione nei riguardi della pubblicità, dato che i prezzi concordati all'inizio dell'anno non sono ormai più sufficienti a coprire le spese vive di carta e di stampa. Si stanno studiando i provvedimenti per far fronte ad una situazione diventata disastrosa e noi confidiamo che gli industriali, che si sono in tante occasioni dimostrati buoni amici

Biblioteca nazionale centrale di Roma

della nostra vecchia A.E.I., vorranno anche in questa grave occasione, dare prova tangibile della loro benevolenza.

I premi dell'A.E.I.

Fra le belle tradizioni dell'A.E.I., che è da augurarsi possano essere presto tutte regolarmente riprese, v'è quella dei vari premi periodici, che, se anche di modesta entità, furono sempre assai ambiti dai nostri studiosi.

Ricordiamo in proposito che col 31 dicembre p. v. si chiude il secondo triennio del premio Pugno Vanoni, che dovrà essere aggiudicato entro il 1946 al miglior lavoro pubblicato dall'A.E.I. (od anche altrove, purchè segnalato) negli anni 1943-45 su problemi relativi alle alte tensioni, oppure alle applicazioni radiologiche.

Dei regolamenti per i premi minori, fra i quali potrà figurare di nuovo il premio Iona, sospeso dal 1937 per le infauste leggi razziali, dovrà certamente occuparsi subito la nuova Presidenza che dovrà studiare i mezzi migliori per attenuare gli effetti della intervenuta svalutazione del danaro.

Unificazione delle tensioni e delle frequenze.

La storia ci insegna che non v'è mai stato regime dispotico che, per quanto disastroso nel suo insieme, non abbia fatto qualche cosa di buono: conseguenza fatale del miscuglio di buone e di cattive qualità che è proprio della natura umana. Così, fra tante malefatte del passato regime, crediamo si possa ricordare come benefico il Decreto promosso dal ministro Gorla nel 1942, col quale si stabiliva che, entro dieci anni, la frequenza di tutti i nostri impianti dovesse essere unificata al valore europeo di 50 p/s. Recentemente abbiamo raccolto voci secondo cui si sarebbe manifestata, a Roma, la tendenza ad unificare la frequenza a 45 p/s. Se la cosa fosse vera, e da augurarsi si tenda ad un provvedimento di carattere temporaneo, giustificato dal fatto che i pochi impianti dell'Italia centro-meridionale, scampati al disastro, erano stati costruiti per tale ibrida frequenza, e che non si tarderà a ribadire, appena possibile, la saggia disposizione del decreto.

Lo stesso Ministro negli ultimi tempi che precedettero uno dei tanti improvvisi « cambi della guardia », aveva fatto iniziare i lavori per un secondo decreto sulla unificazione delle tensioni. È da augurare che il futuro governo del nostro Paese voglia e possa riprendere l'iniziativa per condurla in porto sfruttando la dolorosa situazione odierna che, imponendo la ricostruzione di tanti impianti, può facilitarne la trasformazione. Solo infatti l'autorità di un governo nazionale può dare forza ad un provvedimento del genere che gli enti tecnici possono solo studiare e predisporre.

Il nostro Comitato Elettrotecnico e la UNI hanno continuato infatti, anche in questi ultimi mesi, ad istruire il problema, e, per parte nostra, abbiamo sempre cercato di tener viva la sua discussione.

Oggi ancora possiamo additare ai lettori uno scritto dell'ing. MELONE che lumeggia assai bene l'opportunità dell'attuale momento per attuare l'auspicato provvedimento.

Anche dopo l'altra guerra, unificazione della frequenza e delle tensioni furono ampiamente discusse: nei riguardi della prima ricordiamo il voto della nostra A.E.I. al Congresso di Trento del 1919, decisamente favorevole all'adozione generale dei 50 p/s. Pur troppo il momento propizio fu allora lasciato passare. Non vorremmo che si dovesse attendere... una terza guerra mondiale — *quod Di avertant!* — per varare le due unificazioni, che, se fossero state attuate dopo il 1919, avrebbero, fra l'altro, reso un po' meno difficile la vita delle nostre industrie in questo ultimo tragico periodo.

LA REDAZIONE

CONSIDERAZIONI SULLA UNIFICAZIONE DELLE TENSIONI

MENNATO MELONE

Dopo aver messo in evidenza l'utilità generale ad avere poche tensioni unificate, l'Autore prende in considerazione le conseguenze pratiche che ne derivano, e dimostra la possibile riutilizzazione della quasi totalità dei motori attualmente esistenti sulla nostra rete nazionale.

I. - PREMESSA.

Con molto interesse seguo il nutrito scambio d'idee nella « Elettrotecnica » sul vecchio problema — e per volontà di uomini ancora nuovo — della unificazione delle tensioni in Italia.

Tutti sono d'accordo sulla unificazione, per i vantaggi che ne trarranno non solamente la costruzione e l'esercizio, ma sopratutto il complesso dell'economia nazionale.

Il costruttore di macchinario elettrico potrà diminuire notevolmente il numero di macchine pronte a magazzino, riuscendo anche meglio ad utilizzare il suo personale di calcolo; il committente, cioè il cliente, vedrà ridursi sensibilmente il termine di consegna delle macchine commissionate.

I disaccordi incominciano quando si vuol determinare il numero delle tensioni ed i valori da attribuire ad esse.

Impostare la scelta tra quelle attualmente più diffuse in Italia, sia per potenza installata che per numero di utenti, credo sia cosa ardua; si finirebbe con l'avere un numero elevato di tensioni non unificate nel campo internazionale e volendone ridurre il numero, si lascierebbe un forte malcontento nelle zone sacrificate.

Che le tensioni industriali in Italia siano molte, lo dimostra la tabella I ricavata dai « Dati elettrotecnici » dell'annuario dell'A.E.I., e non sono tutte; l'elenco dovrebbe essere completato dalle altre adottate dai medi e grandi stabilimenti, che dispongono di trasformatori propri allacciati direttamente alla rete ad alta tensione della società distributrice. Nella stessa Milano, ad esempio, per un nuovo grande stabilimento fu scelta la tensione di 380 V, che viene ad aumentare il numero già considerevole di quelle già esistenti in questa zona. Fissando lo sguardo sui dati della tabella, e senza voler fare dell'ironia, si ha l'impressione che le tensioni siano venute su in Italia come delle pianticelle in un prato seminato da agricoltore bizzarro.

La ditta costruttrice alla quale appartengo, per poter far fronte alle consegne di motori pronti, è obbligata attualmente a tenere a magazzino, per ciascuna potenza delle polarità più vendute, ben 6 statori completi di avvolgimento determinato per realizzare una disponibilità teorica di 24 tensioni.

Bisogna avere quindi coraggio, e decidersi una buona volta anche per la unificazione delle tensioni, come già si è saputo fare per la frequenza nazionale unica di 50 Hz. Credo che il momento più propizio sia appunto l'attuale e non bisogna lasciarlo sfuggire. Dopo tanta distruzione, per vivere bisognerà pur ricostruire gli impianti, e perchè non farlo con ordine anche nel campo delle tensioni?

II. - PROPOSTE.

Quali le tensioni unificate?

Guardando a fondo il problema, volendo tener conto delle tensioni già unificate nel campo internazionale, nonchè di quelle adottate da tempo dalle nazioni che ci

Biblioteca nazionale centrale di Roma

circondano, sembra di poter proporre le seguenti tensioni trifasi concatenate a 50 Hz, sulla maggioranza delle quali già altri si sono dichiarati favorevoli:

220 V	3 000 V
380 V	6 000 V
500 V	10 000 V

220 volt per impianti di illuminazione ed elettrodomestici, nonchè per motorini di piccola potenza.

380 volt per la quasi totalità degli impianti industriali. Come è noto, questa tensione è ottenuta da 220 × $\sqrt{3}$, ed è quindi la tensione concatenata di 220 volt per fase. Praticamente si viene ad avere la stessa macchina, se si prescrive al calcolatore di determinare l'avvolgimento statorico del motore per 220 volt Δ.

Basterà prevedere una basetta a 6 morsetti, ormai normale per le macchine di piccola e media potenza, ed effettuare l'allacciamento a 380 volt dopo aver messo a Y l'avvolgimento, mediante la semplice operazione di spostamento delle 3 connessioni ai morsetti.

Questa tensione è molto diffusa in Europa, principalmente in Germania, in Svizzera, e da noi in alcuni stabilimenti di recente costruzione.

500 volt per impianti industriali ove si prevede anche l'installazione di motori di una certa potenza, per i quali l'adozione diretta dell'alta tensione non sarebbe giustificata dalla costruzione e neanche dal maggior costo.

Se si volesse escludere questa tensione si sarebbe costretti a prevedere addirittura ad alta tensione anche alcuni motori a 2 poli, di potenza relativamente elevata, per i quali l'alto flusso per polo condurrebbe, per 380 volt, ad un numero piccolo di conduttori per fase dell'avvolgimento statorico, di difficile sistemazione nelle cave previste per una normale costruzione. Si può ricorrere, è vero, ai gruppi in parallelo; ma anche questi nelle macchine considerate sono limitati a 2, se non si vogliono adottare disposizioni complicate, non giustificate per motori ritenuti quasi normali.

Altre considerazioni di carattere economico, consiglierebbero a non escludere questa tensione: le sezioni dei cavi e delle barre di distribuzione risulterebbero diminuite del 25 % e quindi sensibile economia sul costo dell'impianto, senza poi considerare le varie facilitazioni costruttive dell'apparecchiatura, tutta prevista per una corrente ridotta del 25 %.

3000 e 6000 volt per impianti industriali ove anche il più elevato valore della bassa tensione non sia più ritenuto economicamente conveniente e, ove appena possibile, dare la preferenza a 3000 volt, poichè la progredita tecnica degli avvolgimenti permette di eseguirli ancora senza usare materiali micati, oggi di difficile approvvigionamento, ed in ogni modo materiale di importazione. *10 000 volt* per motori di grandissima potenza come per esempio è stato già fatto per alcuni motori asincroni da 7000, 10 000, 15 000 kW di gruppi convertitori di frequenza.

III. - CONSEGUENZE.

Nell'ipotesi che l'unificazione dovesse cadere sulle tensioni precedentemente proposte e tenendo presente l'unica frequenza 50 Hz, quali conseguenze si avranno sugli impianti esistenti?

Cerco di rispondere nei seguenti punti:

1) Le zone alimentate a 220, 380, 500 volt, 50 Hz, valori indicati in corsivo nella tabella I, si troverebbero già unificate, e quindi nessuna modifica si renderà necessaria.

2) Nelle rimanenti altre zone, sarebbe possibile allacciare i motori ad una delle nuove tensioni, previo cambiamento delle connessioni interne degli avvolgimenti statorici, così come è indicato nella parte destra della tabella II, qualora si trovassero nelle condizioni indicate nella parte sinistra della stessa tabella.

Nei quartieri urbani e nella zona industriale di Milano, ad esempio, i motori che sono attualmente alimentati a 160, 220, 250, 260, 280 e 500 volt, potranno funzionare ad una delle tensioni unificate 220, 380, 500 volt, 50 Hz, purchè trovinsi nelle condizioni indicate in corrispondenza del richiami 1, 3, 5, 6, 7, 9 della già menzionata tabella II.

I motori così trasformati si troveranno in condizioni di funzionamento quasi normale, poichè la stessa tabella fa vedere che la variazione del flusso e quindi dell'induzione, oscilla tra i valori estremi del ± 6 %.

3) È evidente che non tutti i motori possono essere utilizzati secondo quanto è esposto nella tabella II, s'impone quindi per molti altri la soluzione radicale del rifacimento completo dell'avvolgimento statore.

TABELLA I.

Zona	Tens. di alimentaz. volt	Freq. Hz	Zona	Tens. di alimentaz. volt	Freq. Hz
Alessandria	260 (6)	42	La Spezia	350 (8)	42
Ancona	*220*	50	Legnano	260 (15)	50
Aosta	260 (15)	50	Livorno	260 (15)	50
Apuania	220 (3)-500 (9)	42	Mestre	220 (3)	42
Bari	260 (12)	45	Milano	160 (1)-220 (3)	42
Bergamo	280 (17)	50		250 (5)-260 (6)	42
	320 (18)-*500*	50		280 (7)-500 (9)	42
Biella	*220*-260 (15)	50	Napoli	260 (12)-500 (13)	45
	220 (3)	42	Padova	230 (4)	42
Bologna	220 (3)	42	Palermo	260 (15)	50
Bolzano	*220*	50	Piacenza	220 (3)	42
Busto Arsizio	260 (15)	50	Reggio Emilia	220 (3)-260 (6)	42
Cagliari	260 (15)	50	Roma	220 (11)	45
Catania	260 (15)	50	Taranto	260 (12)	45
Como	*220*	50	Terni	210 (10)	45
Cremona	220 (3)	42	Torino	*220-500*	50
Ferrara	220 (3)	42	Trento	*220*	50
Firenze	275 (16)	50	Trieste	110-220 (3)	42
Fiume	210 (2)	42	Varese	210 (14)	50
Gallarate	260 (15)	50	Venezia	220 (3)	42
Genova	*220*	50	Verona	220 (3)	42

I numeri tra parentesi corrispondono al richiamo della Tabella II.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA II.

(1) Numero di richiamo	Alimentazione Attuale Tensione V	Attuale Frequenza Hz	Attuale Collegam.	Unificata Tensione V	Unificata Frequenza Hz	Unificata Collegam.	Variaz. in % del flusso
1	160	42	△△ ⅄⅄ / ⅄⅄	380 / 220	50	△ ⅄ / △	0 / 0
2	210	42	△	220	50	⅄⅄	+ 1,8
3	220	42	△	220	50	⅄⅄	— 3
4	230	42	△	500	50	⅄	+ 5,4
5	250	42	△	500	50	⅄	— 3
6	260	42	⅄⅄	380	50	△	+ 6
7	280	42	⅄⅄	380	50	△	— 1,3
8	350	42	△	380	50	⅄⅄	+ 5,3
	350	42	△ ⅄	220	50	△△ ⅄⅄	+ 5,5
9	500	42	△	500	50	⅄⅄	— 3
10	210	45	△	220	50	△	— 5,9
11	220	45	△	220	50	⅄⅄	+ 4,2
	220	45	△△ ⅄⅄	500	50	△ ⅄	+ 2,4
12	260	45	△	500	50	⅄	0
13	500	45	△	500	50	⅄⅄	+ 4,2
14	210	50	qualsiasi	220	50	qualsiasi	+ 4,6
15	260	50	△△ ⅄⅄	500	50	△ ⅄	— 3,8
16	275	50	△	500	50	⅄	+ 5
17	280	50	△	500	50	⅄	+ 3
18	320	50	⅄⅄	380	50	△	+ 2,7

(1) Questi numeri di richiamo si riferiscono ai numeri tra parentesi della Tabella I.

Per valutare la spesa che comporta una simile modifica, si è preso in esame una potenza installata di 100 kW, formata da piccoli motorini con potenza di 0,25÷5 kW, e precisamente:

50	motorini	da	0,25	kW
20	»	»	1	»
19	»	»	1,5	»
8	»	»	3	»
3	»	»	5	»

Affinchè il calcolo possa rispecchiare prezzi di relativa stabilità, si sono presi di base quelli della fine del 1939. Risulta una spesa del 17 %, paragonando il costo del rifacimento degli avvolgimenti statorici a quello complessivo dei motori.

La spesa, considerata in sè stessa, non è trascurabile, anche se considerata in valore percentuale, può diventare però sopportabile se vengono tenuti presenti i vantaggi indiretti che l'unificazione certamente porterà nel futuro.

4) Si potrebbero anche lasciare immodificati i motori, e quindi nessuna modifica apportare all'impianto esistente, prevedendo un autotrasformatore tra la linea a tensione unificata e quella preesistente.

Prendendo a base ancora i 100 kW, installati per i rapporti di trasformazione

220/160 220/280 380/220

si ha un costo di modifica uguale al 7 % di quello complessivo dei motori, cioè meno della metà di quello che si avrebbe se si dovessero riavvolgere i motori. Il rendimento dell'intero impianto diminuisce per le perdite dell'autotrasformatore, in verità di valore assai ridotto.

5) Sui precedenti punti 3 e 4 va fatta una osservazione di carattere fondamentale: potrebbe sembrare conseguenza *immediata* della pubblicazione del decreto legge sull'unificazione delle tensioni, il riavvolgimento dei motori oppure l'adozione dell'autotrasformatore, ciò potrebbe giustificare il risentimento di una categoria interessata.

In realtà le cose non stanno affatto così, giacchè unificare le tensioni non significa distruggere quanto è stato pazientemente e tenacemente realizzato in precedenza negli impianti; ma semplicemente predisporre una norma tassativa per quelli di *nuova esecuzione*. Solamente in un secondo tempo, ed a mano a mano che gli impianti invecchiano, potranno essere prese in considerazione le modifiche indicate nei precedenti punti 3 e 4.

IV. - CONCLUSIONE.

Dalle considerazioni sopra sviluppate, credo dimostrata la necessità inderogabile di addivenire presto, anche da noi, ad una unificazione delle tensioni degli impianti nei valori di 220, 380, 500, 3000, 6000, 10 000 volt, nonchè i vantaggi ch'essa sicuramente apporterà nel futuro a tutte le categorie che con le macchine elettriche hanno a che fare.

Il momento attuale è più che propizio: quanto questa tremenda bufera ha distrutto dovrà esser pure ricostruito, e se la ricostruzione avverrà secondo un piano predeterminato e normalizzato, tutti i rami dell'attività nazionale ne trarranno vantaggio; quello della revisione delle tensioni, già occupa in sè una parte non trascurabile del rinnovamento degli impianti industriali. La tempestività di questa unificazione è anche giustificata dal fatto che quei pochi impianti risparmiati dalla guerra, devono già apportare delle modifiche per adottare la decretata frequenza nazionale di 50 Hz.

Sarebbe veramente desiderabile che, alla voce del costruttore si unisse quella ben più autorevole del distributore di energia, il quale, dovendo salvaguardare i suoi interessi ed in definitiva quelli dei suoi utenti, sembrerebbe essere in *un primo tempo* il danneggiato, per le spese che la modifica necessariamente comporta.

Milano, Aprile 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

NUOVE POSSIBILITÀ DI COMMUTAZIONE NELLA CONVERSIONE DIRETTA DELL'ENERGIA ELETTRICA

CARLO COSTADONI

(continuaz. e fine, v. N. 3, pag. 54)

Comunicazione tenuta alla Sezione di Milano il 19 maggio 1944.

PARTE TERZA

Applicazione combinata di induttori di commutazione e di valvole elettriche.

1) APPLICAZIONE DEGLI INDUTTORI DI COMMUTAZIONE AI RADDRIZZATORI A VAPORE DI MERCURIO.

Si è già ricordato che i raddrizzatori a vapore di mercurio, come tutti i raddrizzatori a valvole, presentano una commutazione perfetta per qualsiasi condizione di carico compresa fra il funzionamento a vuoto e il corto circuito.

Veramente insuperabili sotto questo aspetto, i raddrizzatori a vapore di mercurio si sono universalmente diffusi nel campo delle medie ed alte tensioni.

Una loro ulteriore estensione è ostacolata da due distinte limitazioni.

Nel campo delle basse tensioni la limitazione è costituita dalla caduta d'arco che difficilmente può scendere sotto i 18÷20 V, senza diminuire la sicurezza di funzionamento; cosicchè per ragioni di rendimento, sotto i 300÷400 V raddrizzati i raddrizzatori a vapore di mercurio in generale non sono più convenienti.

Nel campo delle elevatissime tensioni, quali possono essere quelle richieste per un'eventuale trasporto a distanza di energia elettrica a corrente continua, la limitazione può essere costituita dalla difficoltà di ottenere delle prestazioni unitarie sufficientemente elevate.

Oggi più di una casa costruttrice si ritiene in grado di realizzare dei raddrizzatori capaci di una tensione inversa di 100÷130 kV e di una corrente media di 100-150 A.

Quantunque queste prestazioni siano già considerevoli, si richiederebbero ancora dei collegamenti in serie e in parallelo per arrivare alle potenze che interessano una trasmissione a distanza a corrente continua.

Ora queste due limitazioni, anche se sembrano di natura completamente diversa, hanno qualche caratteristica comune.

Infatti nel campo delle basse tensioni si potrebbe per se stesso diminuire la caduta di arco fino a circa 12 V, alleggerendo o eliminando le schermature anodiche.

Così pure nel campo delle altissime tensioni non è impossibile elevare le correnti raddrizzate per es. a un migliaio di ampere, per quanto riguarda la capacità di emissione del catodo e la possibilità di condensare il vapore di mercurio e di smaltire le perdite d'arco.

Ma in ambedue i casi i raddrizzatori andrebbero fuori servizio per il formarsi di archi di ritorno, «malattia» ben nota dell'effetto valvolare, ancora non completamente conosciuta in tutti i particolari del suo manifestarsi, ma individuata nelle sue cause fondamentali.

Esse sono:

1) Presenza di gas residui in quantità troppo elevata.

2) Impurità dei materiali impiegati specialmente per le teste anodiche e imperfetta degassificazione di queste.

3) Pressione troppo elevata del vapore di mercurio e soprattutto densità troppo elevata intorno agli anodi.

4) Ionizzazione troppo elevata durante il periodo in cui è applicata la tensione inversa (periodo di sbarramento).

Ora, supposto di aver eliminato al completo i gas residui e di aver a disposizione dei materiali purissimi per le teste anodiche, regolando la pressione e la densità del vapore di mercurio nell'intorno degli anodi e contenendo la ionizzazione residua entro limiti modesti, l'effetto valvolare è capace di reggere a una tensione inversa maggiore di 150 kV.

Di per sè non è difficile regolare la pressione media del vapore di mercurio nelle strutture anodiche; questa è determinata «grosso modo» dalla temperatura delle pareti che si trovano più vicine agli anodi e sulle quali avviene la condensazione del vapore; in particolare nei raddrizzatori polianodici la pressione media del vapore intorno agli anodi è essenzialmente determinata dalla temperatura del fondo. Regolando per es. detta temperatura fra 20° e 50 °C si riesce ad assicurare al vapore una pressione di 1-10 m Torr. ([13]).

La densità del vapore nell'intorno delle strutture anodiche è più difficile da regolarsi e da calcolarsi perchè il vapore in detta zona si trova allo stato surriscaldato e presenta una temperatura e una densità che variano in funzione della temperatura delle strutture anodiche stesse e della corrente di carico.

D'altra parte è difficile stabilire dei limiti di sicurezza a riguardo della pressione, della densità e della ionizzazione residua del vapore anche perchè i valori limiti di queste grandezze sono interdipendenti, mentre, entro ogni periodo di sbarramento, subiscono delle variazioni che seguono leggi diverse.

In realtà, venendo a esaminare un caso concreto, nei raddrizzatori a vapore di mercurio il modo con cui viene sollecitato l'effetto valvolare degli anodi, pur essendo molto complesso, può essere considerato sotto due aspetti ben distinti:

1) Innanzi tutto ogni anodo deve resistere alla massima tensione inversa a cui viene sollecitato, durante il periodo di sbarramento.

2) In secondo luogo esso deve resistere al salto di tensione inversa che si presenta al termine della commutazione (vedere fig. 3).

Questo salto di tensione inversa, pur essendo in generale inferiore alla massima tensione inversa, rappresenta una condizione particolarmente gravosa, in quanto in quest'istante il vapore di mercurio non è ancora deionizzato.

Ora il salto di tensione inversa, il quale è uguale alla tensione di commutazione al termine di questa, aumenta col carico e colla parzializzazione, mentre la ionizzazione residua è tanto più elevata quanto più il carico è elevato e quanto più la commutazione è breve.

Per questa ragione una forte parzializzazione, aumentando il salto di tensione inversa, avvicinandolo al valore massimo, e rendendo la commutazione più breve, costituisce una condizione di funzionamento molto gravosa che non consente, come è ben noto, al raddrizzatore di erogare in modo continuo la corrente di pieno carico.

Invece, quando la parzializzazione è nulla, non si hanno dati sufficienti per affermare in modo tassativo che il problema del salto di tensione inversa al termine della commutazione sia più grave di quello della tensione inversa massima.

Tuttavia, secondo l'opinione della maggior parte dei costruttori, gli archi di ritorno si originano prevalentemente subito dopo la commutazione.

In particolare W. E. Pakala e W. B. Batten ([14]) hanno

([13]) 1 Torr = 1 mm Hg.

([14]) W. E. PAKALA e W. B. BATTEN: *Phase Occurance of Arc-Backs in High Current Mercury Arc Rectifiers*, «Electrical Engineering», giugno 1940, Transactions, pag. 345.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

studiato sistematicamente con adatti apparecchi di registrazione il prodursi degli archi di ritorno su raddrizzatori non parzializzati.

Essi hanno trovato che in un raddrizzatore polianodico su 74 archi di ritorno esaminati, circa il 54 % sono avvenuti alla commutazione, il 16 % entro i 30° della commutazione.

Invece, in un raddrizzatore a tubi monoanodici ignitroni per 300 V raddrizzati, il 90 % degli archi di ritorno è avvenuto al termine della commutazione.

Che un raddrizzatore a ignitroni, a pari schermatura sia più resistente alla massima tensione inversa è ben noto ed appare sotto un certo aspetto evidente.

Infatti durante il periodo di sbarramento la macchia catodica è spenta e l'anodo non viene per nulla influenzato dalla ionizzazione prodotta dalla corrente di carico portata dagli altri anodi racchiusi nello stesso cassone, come avviene in un raddrizzatore polianodico.

Inoltre il vapore di mercurio, che durante il periodo di conduzione è stato emesso dalla macchia catodica, continua a condensarsi alle pareti prima che risulti applicata la massima tensione inversa, facendo diminuire la densità del vapore intorno all'anodo.

In una costruzione polianodica, invece, il vapore di mercurio viene emesso dal catodo in maniera continua, mantenendo costante la sua pressione nell'intorno di questo; la pressione e la densità del vapore delle strutture anodiche vengono invece a variare periodicamente coll'alternarsi dei periodi di conduzione ai periodi di sbarramento dando origine a periodiche espansioni e contrazioni, per cui questo fenomeno è stato denominato « respirazione dell'anodo » [15].

In particolare al termine della conduzione, per l'improvviso raffreddamento del vapore, nella struttura anodica si stabilisce una depressione che richiama nuovo vapore dalla zona catodica, cosicchè la densità del vapore nell'intorno dell'anodo, quando la tensione inversa raggiunge il suo valore massimo, è maggiore che al termine della commutazione, quando l'anodo è sollecitato al salto di tensione.

Si deve inoltre aggiungere che questo richiamo di vapore dalla zona catodica fortemente ionizzata trascina con sè degli ioni positivi che prolungano il periodo di deionizzazione.

Ciò può forse spiegare perchè nelle strutture polianodiche esaminate da W. E. Pakala e W. B. Batten il 30 % degli archi di ritorno è avvenuto 30° dopo il termine della commutazione.

Seguendo appunto simili considerazioni Slepian e Ludwig, quando colla scoperta del cristallo ignitore poterono realizzare il tubo monoanodico ad accensione periodica, pensavano di poter diminuire la schermatura anodica fino ad annullarla, affacciando direttamente l'anodo a poca distanza dal catodo, onde abbassare la caduta d'arco da 20÷30 V fino a 12÷15 V.

Ma la cosa non fu possibile proprio per la limitazione imposta dal salto di tensione inversa al termine della commutazione: senza una sufficiente schermatura la densità notevole del vapore di mercurio e la ionizzazione residua pure notevole, al verificarsi del salto di tensione inversa, provocano un arco di ritorno.

Anche nei raddrizzatori ignitroni pertanto si è dovuto prevedere una certa schermatura, la quale, oltre a deionizzare, avesse a funzionare contemporaneamente da deviatore del vapore di mercurio.

Si è detto precedentemente che la pressione del vapore di mercurio è determinata « grosso modo » dalla temperatura della parete di condensazione che si trova più vicina agli anodi.

Ma in realtà il cosidetto « principio della parete fredda », su cui si dovrebbe basare questa affermazione, in pratica non è verificato che per condensazioni estremamente limitate, quali avvengono in determinate circostanze sul fondo di un comune raddrizzatore polianodico, altrimenti bisogna tener conto del salto di temperatura tra il vapore e la parete di condensazione ed ancor più della velocità del vapore.

In particolare il vapore di mercurio che evapora dal catodo possiede per sua natura (il che può essere spiegato anche dalla teoria cinetica della evaporazione) una notevole spinta ascensionale per cui tende ad indirizzarsi verso l'alto [16].

Nei raddrizzatori ignitroni il vapore di mercurio ha pertanto una spiccata tendenza a investire l'anodo sovrapposto al catodo e deve essere opportunamente deviato con adatti schermi che elevano di diversi volt la caduta d'arco.

Ebbene l'impiego degli induttori saturabili convenientemente premagnetizzati e in tutto simili a quelli impiegati da Koppelmann nel suo convertitore a contatti dovrebbe permettere di diminuire od eliminare la schermatura degli ignitroni e di riabbassare così la caduta d'arco aumentando nel contempo il carico ammissibile.

Mediante questi induttori il fenomeno della commutazione viene a svolgersi nel seguente modo (fig. 15).

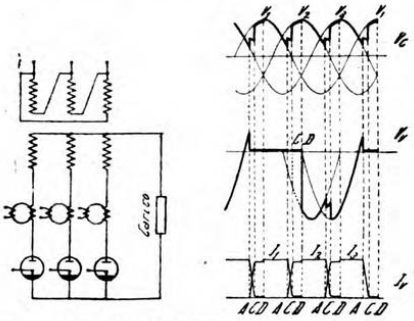


Fig. 15. — Andamento della commutazione in un raddrizzatore a vapore di mercurio trifase fornito di induttori saturabili opportunamente premagnetizzati:

V_c = tensione raddrizzata.
V_v = tensione valvolare.
I_v = corrente valvolare.

Il salto di tensione inversa viene allontanato dell'intervallo *C-D* dal periodo in cui la struttura anodica è fortemente ionizzata, in quanto al termine della commutazione viene introdotta una pausa a corrente ridotta.

All'inizio, fin dall'istante *A* [17], la commutazione tra le fasi 1 e 2 segue l'andamento normale in quanto le due induttanze L_1 e L_2 sono trascurabili essendo l'induttore L_1 saturato dalla corrente valvolare I_1 e l'induttore L_2 saturato dalla corrente di premagnetizzazione.

Verso la fine della commutazione nell'istante *C*, quando la corrente I_1 è diventata sufficientemente piccola da dissaturare l'induttore L_1, la induttanza di questo assume un valore molto elevato e rallenta il fenomeno della commutazione: viene così introdotta alla fine della commutazione, svoltasi finora in modo normale, una pausa a corrente ridotta *C-D*, durante la quale il vapore di mercurio può condensarsi e deionizzarsi.

Alla fine della pausa a corrente ridotta *C-D*, quando la corrente tenderebbe ad invertirsi, la commutazione

---

[15] W. DECK: *Courant de vapeur dans les gaines d'anodes des mutatcurs e son influence sur le fonctionnement*, « Revue Brown Boveri », 28 (1941), pag. 97.

W. DECK: *Strömungen von Quecksilberdampf in den Anodenhülsen von Stromrichtern*, « Helv. Phys. Acta », 15, 1942, pag. 273.

[16] G. DOBKE: *Dampfdichte und Dampfströmung in Quecksilberdampf-Grossgleichrichter*, « A.E.G. », Forschungs-Institut, ottobre 1939.

[17] Per maggior chiarezza, agli istanti corrispondenti, si mantengono le stesse lettere delle figure precedenti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

viene terminata nella solita maniera dall'effetto valvolare dell'anodo della fase 1.

Dalla fig. 15 si può facilmente rilevare che, alla fine della pausa a corrente ridotta, nell'istante *D*, l'effetto valvolare dell'anodo della fase 1 è ancora sollecitato da un salto di tensione inversa, il quale, questa volta, è anche più forte del salto di tensione inversa che si sarebbe verificato nell'istante *C*, se fosse mancata la pausa a corrente ridotta; in compenso però questo salto di tensione inversa risulta allontanato dell'intervallo di tempo *C-D* dal periodo a forte ionizzazione.

Con induttori di commutazione di questo genere si possono facilmente ottenere delle pause anche di qualche decina di gradi, mentre il valore della corrente durante queste pause può ridursi a pochi percento della corrente nominale.

Scegliendo una pausa sufficientemente lunga, al termine della commutazione la ionizzazione residua viene a corrispondere praticamente alla sola corrente della pausa, per cui l'effetto valvolare viene notevolmente facilitato nel suo compito.

Per questa applicazione non si richiede neppure che il valore della corrente durante la pausa sia particolarmente piccolo; a differenza di quanto avviene nei convertitori a contatti, la situazione non è critica: basta che il valore della corrente durante la pausa sia una piccola percentuale di quello della corrente nominale. (Anzi, se si tratta di raddrizzatori ignitroni, detta corrente non deve scendere sotto qualche ampere, altrimenti la macchia catodica viene interrotta bruscamente dando origine a sovratensioni).

Anche per questa applicazione si richiede invece dagli induttori di commutazione saturati una piccola induttanza affinchè questa non abbia ad aumentare eccessivamente la durata della commutazione e la conseguente caduta induttiva della tensione raddrizzata.

Tuttavia, salvo applicazioni speciali, anche queste esigenze non sono così critiche per cui c'è da ritenere che in generale possono essere sufficienti le caratteristiche dei lamierini al ferro silicio, senza dover ricorrere al ferro nichel.

Si può pertanto concludere che l'impiego di simili induttori saturabili permette di migliorare sostanzialmente la sollecitazione di tensione immediatamente dopo la commutazione del carico, allontanando il salto di tensione inversa dal periodo di conduzione a forte intensità, in modo da permettere una sufficiente deionizzazione dell'ambiente; nei raddrizzatori monoanodici ignitroni, questa pausa permette anche al vapore di mercurio di condensarsi contenendo la sua densità, all'apparire della tensione inversa, entro limiti più ristretti.

Questo è di fondamentale importanza nel caso in cui il problema del salto di tensione inversa al termine della commutazione è più grave di quello della tensione inversa massima.

Tale caso si presenta sempre per forte parzializzazione, in quanto il salto di tensione inversa già si avvicina al valore massimo della tensione inversa.

Si può pertanto sicuramente affermare che l'impiego di questi induttori di commutazione può elevare la prestazione dei raddrizzatori fortemente parzializzati e potrebbe avere importanza pratica, per esempio nei raddrizzatori per l'azionamento dei laminatoi reversibili.

Sull'applicazione di simili induttori ai raddrizzatori ignitroni, onde eliminare la schermatura e diminuire la caduta d'arco, quantunque il sistema sia già stato proposto in diverse varianti, non si conoscono ancora dei risultati pratici.

Si possono comunque fare le seguenti considerazioni:

Il tubo ignitrone FG.258 *A*, che è il tipo più potente costruito dalla G.E.Co. per i comandi elettronici di saldatura, con un ciclo di lavoro di 0,25 [18] e con un valor massimo della tensione di alimentazione di 900 V nel collegamento in croce (collegamento di due tubi in parallelo, ma in opposizione, onde consentire il passaggio di ambedue le semionde della corrente alternata) può portare una corrente di 1300 A efficaci, la quale ha praticamente una forma sinusoidale.

In detto tubo, l'anodo, del diametro di circa 10 cm, è direttamente affacciato al catodo, senza alcuna schermatura interposta, e ne dista circa 7 cm.

Se si tien presente che il fattore di potenza di una saldatrice elettrica a resistenza, per la forte induttanza del circuito secondario, è sempre molto basso (0,3÷0,5), si comprende come, in fase di interruzione, il salto di tensione inversa al termine del periodo di conduzione, quando la corrente alternata si annulla naturalmente, è prossimo al valor massimo della tensione di fase.

Verrebbe ora da pensare che detto tubo sia sollecitato in modo gravoso nel servizio di saldatura e che, impiegato in un circuito raddrizzatore, dovrebbe consentire tranquillamente una erogazione di diverse centinaia di ampere a una tensione di 300÷400 V.

Invece per un circuito raddrizzatore occorrono dei tubi differenti costruiti con una sufficiente schermatura.

La ragione va ricercata nel fatto che la corrente di carico in una saldatrice a resistenza, essendo praticamente sinusoidale, si porta in modo progressivo dal valor massimo a zero, impiegando 90° elettrici.

In un raddrizzatore, invece, la commutazione è molto più rapida raggiungendo a pieno carico e con parzializzazione nulla una durata intorno ai 20° elettrici, la quale, aumentando la parzializzazione, può scendere anche a pochi gradi.

Pertanto nel caso di un comando elettronico di saldatura, al termine del periodo di conduzione, a pari valore medio della corrente, la densità del vapore e la ionizzazione residua sono inferiori a quelle che si hanno nel caso di un raddrizzatore.

Appare ora chiaro che, introducendo in un circuito raddrizzatore adatti induttori di commutazione capaci di far seguire alla commutazione normale una pausa a corrente ridotta della durata per es. di una ventina di gradi, si permette al vapore di mercurio di deionizzarsi e di condensarsi, in modo equivalente e forse anche più radicale di quanto avviene in un comando elettronico di saldatura

Che in una frazione di periodo relativamente modesta possa aver luogo una condensazione notevole del vapore di mercurio si può comprendere, se si tiene presente che la velocità del vapore di mercurio, il quale, generato dalla macchia catodica va a condensarsi contro le pareti del recipiente, può essere estremamente elevata. Non si hanno ancora nozioni completamente esaurienti in proposito, anche perchè non è ancora ben noto nei suoi particolari il fenomeno della condensazione del vapore di mercurio [19]: tuttavia si può affermare che, se le superfici di condensazione sono sufficientemente efficienti, vale a dire se esse sono in grado di condensare la maggior parte del vapore di mercurio che viene a contatto con esse, la velocità del vapore di mercurio può raggiungere l'ordine di grandezza della velocità del suono nel vapore stesso.

Supponendo per esempio che la velocità del vapore di mercurio possa raggiungere 100 m/sec, si capisce che in un millesimo di secondo (ca. 20° elettrici) esso può percorrere 10 cm riuscendo a portarsi dal centro del tubo alle pareti di condensazione.

---

[18] Per ciclo di lavoro di una saldatrice elettrica a resistenza a tratto continuo si intende il rapporto tra la durata di ciascun punto di saldatura e la durata del punto più la pausa fra due punti.

[19] JOSEPH SLEPIAN W. M. BRUBACKER: *Condensation of Mercury in Mercury-arc Tubes*, « Electrical Engineering », VII, 1940, pag. 381.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Sotto questo aspetto appare di fondamentale importanza non solo il dimensionare in modo adatto le superfici di condensazione, ma il curare la costruzione interna del raddrizzatore, da un punto di vista aerodinamico, onde consentire al vapore di mercurio di portarsi liberamente alle pareti di condensazione, senza incontrare ostacoli, che, provocando un moto vorticoso e una sovrapressione, potrebbero elevare la densità del vapore nell'intorno dell'anodo.

Quale dovrà essere la durata della pausa a corrente ridotta, onde consentire la eliminazione della schermatura e raggiungere una riduzione della caduta di arco, e fino a che punto potrà essere abbassata la caduta d'arco stessa non è ancora stato stabilito, e solamente una sufficiente esperienza potrà dare una risposta in merito.

Nel bilancio complessivo del rendimento bisogna naturalmente tener conto delle perdite negli induttori saturabili, sulle quali è prematuro pronunciarsi, salvo nel senso che a pari durata della pausa, la caduta resistiva di tensione dovuta agli induttori è tanto più bassa quanto più bassa è la tensione raddrizzata.

L'applicazione degli induttori di commutazione potrebbe tornare utile anche nel campo delle altissime tensioni, per aumentare la erogazione di corrente, il che può apparire ora più naturale, se si pensa che anche in questo caso si tratta di evitare sopratutto la formazione degli archi di ritorno.

È noto che, coll'elevarsi della tensione di esercizio, la prestazione massima di corrente di un raddrizzatore deve venire diminuita in modo adeguato, per ridurre sia la densità del vapore di mercurio sia la ionizzazione residua al termine della commutazione.

In realtà, volendo mantenere elevata la corrente, non sarebbe estremamente difficile contenere la densità del vapor di mercurio entro i limiti voluti dalla alta tensione, dimensionando più ampiamente le superfici di condensazione e mantenendole a una temperatura più bassa.

È pur vero che, diminuendo la densità del vapore nelle strutture anodiche, si verifica un impoverimento di ioni che obbliga a diminuire il valore della corrente raddrizzata, se non si vuole andare incontro al cosiddetto « fenomeno dello strappamento d'arco » coi relativi inconvenienti.

Tuttavia nel campo delle altissime tensioni, oggi si è ancora abbastanza lontani da questo pericolo.

Una limitazione più grave è imposta dalla ionizzazione residua al termine della commutazione, la quale dipende innanzitutto dalla corrente di carico.

È appunto questa ionizzazione residua che al termine della commutazione dà origine alla corrente inversa di deionizzazione, la quale costituisce la causa fondamentale del prodursi degli archi di ritorno.

Purtroppo non esiste ancora una teoria sul fenomeno della deionizzazione, la quale sia completamente soddisfacente e sappia tener conto di tutti i fattori che vi intervengono.

Tuttavia, pur ammettendo diverse semplificazioni, sono state sviluppate varie trattazioni che, mettendo in evidenza l'influsso dei principali fattori, si accordano abbastanza bene con l'esperienza raccolta.

Per comprendere più facilmente le conclusioni di queste trattazioni, può essere opportuno ricordare che il fenomeno della conduzione elettrica in un gas rarefatto è dovuto essenzialmente alla ionizzazione per urto prodotta dagli elettroni emessi dal catodo e attratti dalla tensione positiva dell'anodo.

Gli ioni e gli elettroni, presenti in numero praticamente uguale, costituiscono col gas rimanente il cosiddetto « plasma » di struttura mediamente neutra.

Il passaggio della corrente attraverso ad un plasma tubolare, detto « colonna positiva », causa delle perdite, che secondo la classica teoria di Schottky [20] sono dovute esclusivamente alla ricombinazione alle pareti degli ioni e degli elettroni che devono così continuamente formarsi di nuovo entro il plasma. Con queste premesse acquistano significato evidente i concetti di diffusione degli ioni e degli elettroni verso le pareti e di durata media di essi.

Nella teoria della deionizzazione della colonna positiva secondo la soluzione di Spenke e Steenbeck [21], la quale non tiene conto dell'influsso degli elettrodi, si suppone che, al cessare della corrente, la temperatura degli ioni e degli elettroni [22] scenda istantaneamente alla temperatura del vapore neutro e cessi immediatamente la ionizzazione per urto. In tal caso la densità degli ioni, durante la deionizzazione, risulta ancora dovuta esclusivamente alla diffusione alle pareti secondo la teoria della diffusione ambipolare di Schottky, e diminuisce in modo esponenziale in funzione del tempo e della durata media degli ioni.

Se ora vi è presente un elettrodo negativo, quale è un anodo in fase di deionizzazione, questo viene circondato da una guaina di ioni positivi che costituisce la carica spaziale: tutta la tensione fra l'anodo e il catodo resta in tal caso applicata solamente alla guaina, in quanto il plasma ancora ionizzato mantiene il potenziale del catodo.

Gli ioni che si trovano in questa guaina schermano l'anodo, cosicchè alla superficie limite tra guaina e plasma gli ioni non vengono influenzati dalla tensione anodica.

Si comprende così come il numero di ioni, che dal plasma penetrano nella guaina anodica per ogni unità di superficie, dipende solamente dalla densità ionica N e dalla velocità molecolare media W secondo la teoria cinetica dei gas ($j = 1/4\ e\ N\ W$: dove « e » è il valore della carica elementare di elettricità, ed « j » è la corrente ionica).

Lo spessore della guaina anodica « a » è a sua volta proporzionale a:

$$a = K \frac{V^{3/4}}{(N^+ W^+)^{1/2}}$$

dove V è la tensione applicata alla guaina anodica.

Questo spessore dipende dalla tensione anodica, dalla densità ionica e dalla velocità molecolare media degli ioni, e pertanto, rimanendo la tensione invariata, aumenta col procedere della deionizzazione che fa diminuire la densità ionica.

W. Kock ha segnalato [23] che la corrente inversa consta di due componenti: la prima parte, chiamata componente statica, è data appunto dalla velocità propria (velocità rispetto all'anodo) colla quale gli ioni del plasma penetrano nella guaina, sede della carica spaziale, e può essere calcolata secondo la formola della teoria cinetica dei gas indicata sopra. La seconda parte chiamata « componente dinamica », ha origine dal fatto che lo spessore della guaina anodica, col procedere della deionizzazione, aumenta: cosicchè risulta pure aumentata la velocità relativa rispetto alla superficie limite guaina-plasma, colla quale gli ioni penetrano nella guaina. Questo aumento di velocità può essere calcolato dalla velocità colla quale la superficie limite avanza verso il plasma.

---

[20] W. SHOTTKY: *Diffusionstheorie der positiven Säule*, « Phys. Zeit. », 25, 1924, pagg. 342-348 e 635-640.

[21] THEODOR WASSERAB: *Zur Beschreibung des Entionisierungsvorganges von Gasentladungen-Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus den Siemens-Werken*, XIX Band, 1940, fasc. I, pag. 1.

[22] Secondo la teoria cinetica dei gas, la temperatura assoluta T, la velocità molecolare media W e la massa molecolare m in un miscuglio di gas sono legati dalla relazione: $m\ W^2/2 = T$.

[23] W. KOCK: *Experimenteller Nachweis der Ionenschichten um Elektroden von Stromrichtern, während der Entionisierug*, « Z. Tecrn. Phys. », 17 (1936), pagg. 446-452.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

I calcoli dimostrano che il valore iniziale della componente statica della corrente inversa non dipende dalla tensione inversa e diminuisce con legge esponenziale, mentre la componente dinamica della corrente inversa dipende dalla tensione inversa secondo $V^{3/4}$ e diminuisce con una costante di tempo doppia.

Finchè le tensioni inverse sono inferiori a 1000 V e si ha a che fare con densità ioniche comuni a queste tensioni, la corrente inversa, nel suo primo istante, è data praticamente soltanto dalla componente statica; la componente dinamica all'inizio è assolutamente trascurabile e può diventare sensibile alla fine della deionizzazione, quando per altro la corrente inversa si è già praticamente annullata.

Questo comportamento è confermato anche dall'esperienza, in quanto notoriamente la corrente inversa non risente del valore della tensione inversa, se questa è inferiore a qualche migliaio di V.

A queste tensioni, nel primo istante del periodo di sbarramento, la corrente inversa dipende esclusivamente dalla ionizzazione esistente al termine della commutazione, e il suo valore medio può essere diminuito fornendo la struttura anodica di schermi o griglie deionizzanti, i quali rendono più rapida la deionizzazione.

Ma il problema cambia aspetto e diventa particolarmente grave quando le tensioni inverse raggiungono valori dell'ordine di 100 kV; in tal caso la componente dinamica della corrente inversa diventa prevalente aumentando di molto il valore complessivo.

Con tensioni inverse così elevate, anche l'azione degli schermi e delle griglie deionizzanti, che sono o a una tensione indefinita, o a una tensione di poche centinaia, o tutt'al più di poche migliaia di V, risulta meno efficace.

Ora questa corrente inversa di deionizzazione è costituita da ioni positivi, che, colla velocità acquisita sotto l'influsso della tensione inversa applicata alla guaina anodica, urtono l'anodo, trasformando la loro energia cinetica in riscaldamento e sgretolamento dell'anodo stesso. Il riscaldamento può arrivare fino all'emissione dei termoelettroni, che danno origine a un arco di ritorno, mentre lo sgretolamento compromette la durata dell'apparecchio.

Si comprende così come alle tensioni più elevate il problema della corrente inversa sia molto più grave che alle basse tensioni, in quanto, a pari ionizzazione residua, aumenta tanto il numero di ioni che colpiscono l'anodo nell'unità di tempo, quanto la loro velocità.

Si comprende pure come, a parità di dimensioni delle strutture anodiche, si possa elevare la tensione abbassando la corrente e la pressione del vapore di mercurio.

Infatti la corrente inversa è legata ai dati di funzionamento dalle seguenti relazioni:

1) Il valor iniziale e il valor medio della corrente inversa aumentano colla temperatura del vapore di mercurio saturo. Infatti la corrente inversa è proporzionale alla velocità molecolare media W, la quale è proporzionale alla T.

2) Il valore iniziale e il valore medio della corrente inversa, a temperatura costante, è proporzionale alla intensità della corrente raddrizzata ($j \equiv N \equiv I$).

Pertanto, poichè, aumentando la corrente raddrizzata, aumenta anche la pressione e la temperatura del vapore, la corrente inversa aumenta in ragione più che lineare della corrente raddrizzata.

Appare ora evidente che l'applicazione degli induttori saturabili ed opportunamente premagnetizzati, illustrati precedentemente nei raddrizzatori a bassa tensione, potrebbe migliorare le condizioni di deionizzazione dei raddrizzatori ad alta tensione e permettere di elevarne la prestazione massima.

Anche in questo campo infatti la pausa a corrente ridotta introdotta al termine della commutazione permette al vapore di mercurio di condensarsi e di deionizzarsi prima che l'anodo venga sollecitato alla tensione inversa.

Se non che l'introduzione di questa pausa a corrente ridotta al termine della commutazione fa aumentare il salto di tensione inversa: e un aumento del salto di tensione inversa questa volta è particolarmente svantaggioso, sia perchè aumenta, come si è visto, la corrente inversa, a pari ionizzazione residua, sia perchè eleva la velocità d'urto degli ioni contro l'anodo, aumentandone lo sgretolamento che a tensioni tanto elevate non è indifferente.

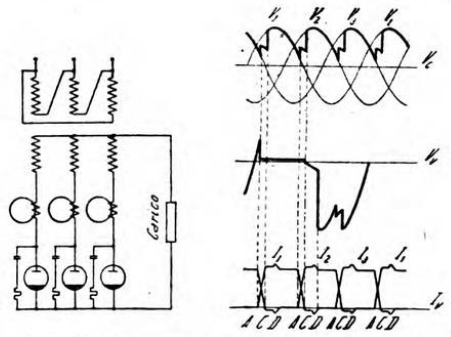


Fig. 16. — Andamento della commutazione in un raddrizzatore a vapore di mercurio trifase fornito di induttori saturabili e di condensatori di assorbimento.
La tensione inversa viene inizialmente applicata alle singole valvole in modo gradualmente crescente.

Pertanto potrebbe essere preferibile modificare la premagnetizzazione degli induttori saturabili e inserire inoltre in parallelo ai raddrizzatori opportuni condensatori forniti di resistori smorzatori delle oscillazioni (utilizzando eventualmente i condensatori già previsti per la ripartizione della tensione, quanto più tubi vengono collegati in serie, e dimensionandoli in modo opportuno) (vedere fig. 16).

Con questa variante il fenomeno della commutazione fra le fasi 1 e 2 si svolge dapprima in modo del tutto normale, finchè al termine della commutazione, nell'istante C, la corrente nell'induttore L_1 si inverte caricando lentamente il condensatore corrispondente.

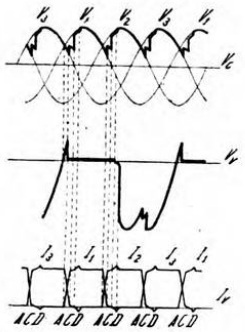


Fig. 17. — La commutazione della fig. 17 differisce da quella delle figg. 15 e 16 in quanto, mediante opportuna premagnetizzazione, al termine della commutazione viene introdotta una pausa a corrente ridotta come in fig. 15, dopo la quale la tensione inversa viene applicata in modo graduale come in fig. 16.

Come è già stato illustrato nei convertitori a contatti, per tutta la durata della pausa a corrente ridotta il condensatore si carica lentamente per portarsi alla piena tensione inversa solamente al termine della pausa stessa.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

In questo modo il salto di tensione inversa risulta completamente eliminato; l'effetto valvolare al termine della commutazione viene sollecitato alla tensione di carica del condensatore e durante la pausa a corrente ridotta viene sollecitato a una tensione inversa pure ridotta, la quale può permettere una completa deionizzazione.

Con una opportuna premagnetizzazione degli induttori di commutazione è infine possibile ridurre al minimo il valore della corrente di carica dei condensatori durante le pause, oppure ottenere l'inversione della corrente negli induttori saturabili verso la metà della pausa.

In questo secondo caso si ottiene un duplice risultato (fig. 17):

1) al termine della commutazione viene introdotta una pausa a corrente ridotta che consente una diminuzione della densità del vapore e della ionizzazione prima che l'effetto valvolare venga sollecitato dalla tensione inversa;

2) l'effetto valvolare viene sollecitato da una tensione inversa dapprima lentamente crescente; durante questa pausa di tensione inversa ridotta viene portata a termine la deionizzazione.

Si può concludere che, impiegando degli induttori di commutazione opportunamente premagnetizzati, la sollecitazione dell'effetto valvolare al termine della commutazione diventa considerevolmente meno gravosa.

Naturalmente l'efficacia di questi induttori saturabili dovrebbe esercitarsi anche nel campo delle medie tensioni colla possibilità di diminuire le dimensioni e aumentare l'utilizzazione degli attuali raddrizzatori; tuttavia è prematuro affrontare un problema di convenienza, quando il problema tecnico è appena sorto all'orizzonte: si ritiene invece non sia stato privo di interesse avere segnalato la possibilità di applicazione degli induttori saturabili là dove questi potrebbero consentire di varcare quei limiti di rendimento o di prestazione che i soliti raddrizzatori da soli oggi non sanno ancora superare.

2) Applicazione degli induttori di commutazione ai raddrizzatori a secco.

I raddrizzatori a secco (da segnalarsi in particolare i raddrizzatori al selenio e ad ossido di rame) hanno trovato, sopratutto nel campo delle basse tensioni, un'applicazione sempre più estesa ed interessante essenzialmente per gli insostituibili pregi di semplicità, robustezza e sicurezza di funzionamento.

Essi però non permettono, per se stessi, di ottenere una grande elasticità di servizio, in quanto, essendo il loro effetto valvolare non comandabile alla chiusura, non consentono di regolare in modo continuo la tensione raddrizzata, ma si comportano piuttosto come un raddrizzatore a vapore di mercurio senza comando di griglia.

Pertanto diversi ricercatori hanno studiato la possibilità di ottenere un comando alla chiusura, inserendo nello strato di sbarramento di ciascuna piastra metallica una griglia apposita.

I risultati finora raggiunti, per quanto risulta, non sono del tutto positivi.

Si può tuttavia osservare fin d'ora, che, anche se detto problema potesse venire risolto in modo tecnicamente soddisfacente, esso non sarebbe convenientemente applicabile ai raddrizzatori a secco di una certa potenza. Infatti non sembra verosimile realizzare in modo conveniente un comando di griglia in unità composte da decine o centinaia di piastre collegate nei modi più svariati in serie o in parallelo.

Ad ogni modo il problema della regolazione di tensione dei raddrizzatori a secco era stato finora risolto impiegando i sistemi tradizionali di regolazione della tensione alternata di alimentazione.

Più recentemente si erano anche impiegati degli induttori saturabili mediante un apposito avvolgimento, i quali, regolando in funzione del valore della loro induttanza, la caduta induttiva del raddrizzatore, permettevano di raggiungere in qualche modo lo scopo.

Si deve però far rilevare che, poichè la caduta induttiva di tensione di un raddrizzatore è funzione lineare della corrente di carico, la caratteristica esterna del raddrizzatore, con un simile sistema di regolazione, risulta molto inclinata; in altre parole la tensione al variare del carico viene essa pure a variare, il che, salvo casi del tutto particolari, costituisce un inconveniente.

Questo inconveniente non ha potuto essere eliminato che in parte, regolando la corrente di saturazione degli induttori con un apposito regolatore, in quanto detti induttori ai bassi carichi non riescono a provocare una caduta di tensione sufficiente, senza assumere proporzioni proibitive.

Ebbene: gli induttori di commutazione impiegati da Koppelmann nel suo convertitore a contatti, hanno permesso di ottenere una regolazione della tensione dei raddrizzatori a secco del tutto paragonabile a quella realizzabile col comando alla chiusura dell'effetto valvolare nei raddrizzatori a vapore di mercurio [24].

Con riferimento a quanto è stato detto sul dimensionamento degli induttori di commutazione nel convertitore a contatti, si capisce che, se si vuole ottenere una regolazione della tensione entro ampi limiti, è indispensabile in uno schema trifase a ponte adoperare 6 induttori di commutazione a mezza onda, dimensionati per una pausa corrispondente. Così, se si vuole ottenere una regolazione di tensione fra il 50 % e il 100 % della piena tensione, la durata della pausa all'inizio della commutazione dovrà essere almeno di 60° elettrici. L'impiego degli induttori a mezza onda, se diminuisce l'utilizzazione dei materiali, permette in compenso di regolare la tensione raddrizzata premagnetizzando gli induttori stessi con un unico circuito a corrente continua (fig. 18).

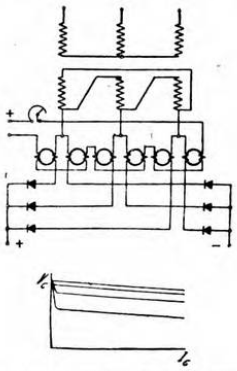


Fig. 18. — Applicazione degli induttori di commutazione ai raddrizzatori a secco per regolare la tensione raddrizzata. La caratteristica di regolazione: tensione-corrente, fa vedere che oltre un valore minimo di corrente la caduta di tensione è assai limitata: V_c = tensione raddrizzata; I_c = corrente raddrizzata.

Appare ora evidente che, se gli induttori vengono completamente saturati da questo avvolgimento di regolazione, essi introducono semplicemente una lieve caduta di tensione dovuta alla loro induttanza in aria.

Similmente, se si tengono presenti le caratteristiche di magnetizzazione del materiale magnetico costituente il nucleo, si comprende facilmente che, quando l'avvolgimento di premagnetizzazione non è percorso da corrente, il raddrizzatore dà praticamente la sua piena tensione; infatti, a causa della elevata rimanenza, quando la cor-

[24] K. Baudisch: *Umformer und Stromrichter*, « E.u.M. », 1° agosto 1941, pag. 349.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rente valvolare si annulla, il nucleo resta magnetizzato alla induzione di quasi completa saturazione B_0. Allora quando, venuta la sua volta, l'induttore L_1 deve di nuovo portare corrente, introduce all'inizio una pausa praticamente trascurabile (fig. 19) assorbendo un impulso di tensione corrispondente alla variazione di induzione $B_s - B_0$. Premagnetizzando invece con una corrente I gli induttori di commutazione, in modo che, al termine del periodo di conduzione, la induzione residua sia $-B_1$, all'inizio della nuova commutazione verrà a formarsi una pausa alla inserzione, assorbendo un impulso di tensione corrispondente alla variazione di induzione $B_s + B_1$. Questa pausa, facendo ritardare la commutazione principale di un angolo α_1, riduce la tensione raddrizzata al noto valore $V_1 = V_0 \cos \alpha_1$.

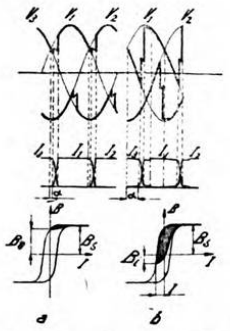


Fig. 19. — Commutazione ritardata mediante induttori saturabili:
a) La corrente di premagnetizzazione degli induttori è nulla: il raddrizzatore risulta praticamente non parzializzato ($\alpha = \sim 0$).
b) La corrente di premagnetizzazione ha il valore I. Il raddrizzatore risulta parzializzato di un angolo che aumenta, aumentando I.

La pausa che segue al termine della commutazione, la quale porta a compimento il ciclo di isteresi asimmetrico, non esercita invece, come si è già visto per il convertitore a contatti, alcun pratico influsso sulla tensione raddrizzata.

La regolazione della tensione viene così ridotta alla regolazione della corrente di premagnetizzazione ottenuta mediante un reostato di modeste proporzioni.

Anche in questo caso dai nuclei saturabili si richiedono elevate qualità magnetiche: in particolare una bassa permeabilità differenziale entro il ginocchio di saturazione e le perdite magnetiche aumentano il valore della corrente raddrizzata sotto la quale la caratteristica di tensione torna a salire; sotto un determinato carico infatti gli induttori di commutazione non possono esercitare il loro influsso.

Una sensibile permeabilità differenziale oltre il ginocchio provoca invece una caduta induttiva del raddrizzatore.

Tuttavia nella maggior parte dei casi può bastare un lamierino ferro-silicio pregiato.

In definitiva si può affermare che gli induttori di commutazione hanno permesso ai raddrizzatori a secco di realizzare doti di elasticità, nella regolazione della tensione raddrizzata, paragonabili a quelle dei raddrizzatori a vapore di mercurio con comando alla chiusura.

3) APPLICAZIONE DEI TUBI IGNITRONI AI CONVERTITORI A CONTATTI.

Si è visto come gli induttori di commutazione dei convertitori a contatti, opportunamente applicati ai raddrizzatori a vapore di mercurio, possono presumibilmente permettere di aumentarne le prestazioni: in particolare esse consentono di facilitare il problema della deionizzazione al termine della commutazione, il che dovrebbe portare all'alleggerimento o alla eliminazione degli schermi nei raddrizzatori monoanodici, specialmente se del tipo ignitrone.

Si potrebbe così sperare di riuscire ad abbassare la caduta d'arco fino a 12 V (alla quale si deve però aggiungere la caduta resistiva degli induttori).

Certamente una simile soluzione, se potesse essere economicamente soddisfacente, permetterebbe ai raddrizzatori ignitroni di estendere il loro campo di applicazione anche a tensioni più basse di quelle attualmente convenienti.

Tuttavia questi non possono pretendere di raggiungere il rendimento dei convertitori a contatti, ai quali resterebbero superiori solamente per la loro insensibilità ai sovraccarichi e corto circuiti.

Koppelmann, nella impossibilità di rendere il convertitore a contatti resistente ai sovraccarichi e corto circuiti, aveva studiato, come si è detto, un sistema ultrarapido di protezione, il quale però mette fuori servizio il convertitore.

Resta pertanto di estremo interesse trovare il modo di togliere al convertitore a contatti l'ultimo inconveniente tecnico che gli rimane nella prima esecuzione di Koppelmann.

Una soluzione al problema potrebbe essere suggerita dalle seguenti considerazioni:

Si è detto all'inizio che si può ottenere la interruzione di una corrente anche intensa, senza la formazione di un arco, purchè la tensione di apertura non superi una decina di volt.

Si è detto anche che una simile condizione di interruzione, a lungo andare consuma ugualmente i contatti, in quanto, durante l'apertura, la corrente viene a passare attraverso pochi punti, con una elevatissima densità che può provocare parziale fusione e vaporizzazione del metallo dei contatti.

Essa però può essere tollerata in condizioni transitorie, specialmente se si aumenta al massimo la rapidità di apertura dei contatti.

Se si inserisce ora in parallelo a ciascun contatto un tubo ignitrone secondo la fig. 20, si viene ad ottenere il seguente funzionamento: finchè il convertitore a contatti è chiamato ad erogare una corrente che gli consente un funzionamento sicuro, i tubi ignitroni vengono mantenuti spenti.

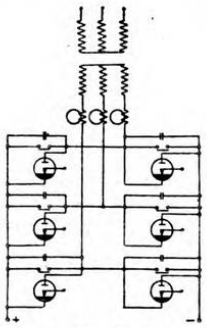


Fig. 20. — Applicazione dei tubi ignitroni a un convertitore a contatti:
Quando, in caso di sovraccarico non consentito dagli induttori, i contatti sono chiamati ad interrompere corrente prima della pausa e i condensatori non sono in grado di contenere la tensione entro i voluti limiti, i tubi ignitroni, conducendo corrente, impediscono a detta tensione di aumentare ed evitano la formazione di un arco.

Oltre un certo carico, invece, nell'istante di apertura del contatto, viene acceso il corrispondente tubo ignitrone.

Ora, se il carico diventasse anche superiore al massimo consentito dal regolare funzionamento del convertitore, il contatto, pur essendo chiamato ad interrom-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

pere una parte sensibile della corrente di carico, a seconda della durata della commutazione, potrebbe aprirsi tranquillamente senza la formazione di un arco elettrico: infatti non appena la tensione del condensatore di assorbimento ha raggiunto la tensione di adescamento del tubo ignitrone (12-15 V), questo viene immediatamente a portare la corrente di carico, mantenendo ai contatti, per tutta la durata della commutazione, una tensione corrispondente alla sua caduta d'arco.

Poichè questa è solamente di 12-15 V, con un contatto a doppia interruzione, come sono già quelli adoperati per le massime intensità di corrente, si ha un margine sufficiente per compensare l'inevitabile ritardo della presa di carico del tubo ignitrone dovuto alla induttanza del suo circuito di collegamento, che comunque deve essere contenuta entro i più stretti limiti; il tempo per l'adescamento del tubo ignitrone è invece trascurabile (pochi μ sec).

Si deve al riguardo far rilevare che i tubi ignitroni, anche nei casi di massimo sovraccarico, vengono a portare solamente una corrente di breve durata e di intensità ridotta.

Sotto questo aspetto i tubi ignitroni sono particolarmente indicati, in quanto sono capaci di portare sovraccarichi notevoli. Si tenga presente che anche tubi di modeste proporzioni possono portare transitoriamente delle correnti di parecchie migliaia di ampere.

Si aggiunga infine che in questa specifica applicazione, la corrente di carico, che l'ignitrone è chiamato a portare, viene seguita da una pausa a corrente ridotta che facilita la deionizzazione.

L'impiego di 6 tubi ignitroni di proporzioni relativamente modeste dovrebbe permettere così di realizzare un raddrizzatore di tipo misto meccanico ed elettronico avente il rendimento del convertitore a contatti e la sicurezza di esercizio del raddrizzatore elettronico. I tubi ignitroni infatti, i quali sono normalmente fuori servizio, quando sono chiamati ad intervenire, mentre portano corrente solamente per una parte della commutazione, sono in grado di impedire la formazione di un arco all'apertura dei contatti.

La difficoltà più grande, che si prevede nella applicazione di questo sistema, sta nel contenere entro limiti bassissimi la induttanza del circuito dell'ignitrone collegato in parallelo al contatto. Trattandosi però di tensioni in gioco modeste, i conduttori di collegamento fra gli ignitroni e i contatti, da mantenersi i più brevi possibili, possono essere facilmente eseguiti anti-induttivi.

Se questa disposizione si affermasse nella pratica, essa permetterebbe anche di economizzare nel costo degli induttori di commutazione. Basterebbe infatti che questi venissero dimensionati per le normali condizioni di funzionameno.

Parte quarta

Applicazione degli induttori di commutazione ai comandi elettromeccanici per saldatrici elettriche a resistenza a tratto continuo.

Un problema analogo a quello della commutazione nelle macchine elettriche si presenta nelle saldatrici elettriche a resistenza a tratto continuo.

È noto come una buona saldatura elettrica, a resistenza a tratto continuo, deve venire ottenuta mediante una successione di punti e come pertanto le relative saldatrici richiedono degli interruttori di estrema precisione (25), i quali abbiano ad inserire e disinserire periodicamente la corrente con grande accuratezza, onde dosare il calore fornito per ciascun punto di saldatura.

È noto pure come i contattori elettromeccanici sincroni sviluppati allo scopo non abbiano dato risultati soddisfacenti per la insufficiente precisione di funzionamento e l'eccessivo consumo dei contatti.

In realtà, dato anche il basso fattore di potenza delle saldatrici elettriche a resistenza, l'interruttore è chiamato ad assolvere un compito particolarmente gravoso.

Oggi si può ancora affermare che solamente i comandi elettronici di saldatura e in particolare quelli a tubi ignitroni rappresentano una soluzione veramente soddisfacente e nello stesso tempo relativamente semplice del problema; infatti i tubi elettronici, nel classico collegamento in croce, vengono a costituire un interruttore ideale della corrente alternata e permettono di inserire e di disinserire il circuito colla massima precisione senza alcuna sovracorrente e sovratensione.

Di questi comandi elettronici anche in Italia la C.G.E., negli scorsi anni, aveva realizzato diversi tipi impiegando tubi G.E.Co.

Quando venne meno la possibilità di importazione dei tubi ignitroni dall'America, la C.G.E. stava realizzando la costruzione diretta di detti tubi nelle proprie officine, ma sfortunatamente non riuscì a entrare tempestivamente in possesso dei cristalli ignitori ordinati.

In quel tempo anche l'A.E.G. di Berlino aveva allo studio la costruzione dei tubi ignitroni, ma non aveva risolto ancora in modo definitivo il problema del cristallo ignitore.

D'altra parte bisogna riconoscere che i comandi elettronici sono non poco costosi e che poteva essere desiderabile risolvere il problema per altra via.

Appare ora evidente che gli induttori di commutazione impiegati da Koppelmann nei convertitori a contatti dovevano permettere ai contattori sincroni elettromeccanici di prendersi la rivincita, arrivando a una soluzione radicale del problema.

Dati i brillanti risultati ottenuti col convertitore a contatti, l'applicazione di detto sistema a un comando elettromeccanico di saldatura non doveva serbare delle sorprese.

Certamente la durata della pausa a corrente ridotta doveva tener conto, oltre che del margine di sicurezza per l'apertura del contatto, anche della variazione del fattore di potenza della saldatrice in funzione della resistenza del carico: ma questa variazione è in generale di pochi gradi elettrici.

Pertanto il dimensionamento di detto induttore doveva essere paragonabile a quello degli induttori dei convertitori a contatti.

Per il resto un comando elettromeccanico di saldatura presentava minori difficoltà di realizzazione e minori esigenze di servizio.

Infatti da una saldatrice a resistenza non si pretende un servizio assolutamente continuativo.

In caso di eventuale bruciatura dei contatti del contattore, l'operaio addetto alla saldatura può facilmente ricambiarli.

Si deve tuttavia far osservare che le possibilità di bruciatura sono molto minori in una saldatrice che in un convertitore: innanzitutto c'è una sola coppia di contatti invece di 6 coppie, inoltre l'inserzione e la disinserzione della corrente non avviene ad ogni periodo, ma con una frequenza di saldatura minore (1/4÷1/10). Cosicchè se in un convertitore a contatti si dovesse per es. ricambiare una coppia di contatti al mese, in un comando di saldatura basterebbe cambiare i contatti meno di una volta all'anno.

Infine si deve segnalare che sovraccarichi o cortocircuiti pericolosi in una saldatrice a resistenza sono esclusi, dato che il corto circuito del secondario costituisce già la normale condizione di esercizio.

Quindi, anche una bruciatura dei contatti, dovuta supponiamo ad una manovra intempestiva, non causa inconveniente di sorta al trasformatore della saldatrice.

(25) C. Costadoni: *Comandi elettronici per saldatura elettrica a resistenza*. 116ª comunicazione alla 45ª Riunione Annuale A.E.I.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Queste considerazioni potevano lasciare sperare in una realizzazione meccanica piuttosto semplice ed economica.

L'unico inconveniente poteva essere costituito dalla deformazione della corrente, dovuta alla pausa a corrente ridotta, la quale peggiora il fattore di potenza complessivo e varia la legge con cui viene somministrata l'energia elettrica. Non c'è però ragione di nutrire apprensioni al riguardo della qualità della saldatura: correnti così deformate sono facilmente e correntemente ottenibili coi comandi elettronici di saldatura forniti della regolazione fine del calore entro il periodo. I risultati sono del tutto soddisfacenti: sembra anzi che questa deformazione della corrente possa essere vantaggiosa alla qualità della saldatura (26).

D'altra parte, se il fattore di potenza complessivo viene peggiorato, il trasformatore della saldatrice ne risente in minima misura, perchè può venire dimensionato per una tensione minore che tenga conto della caduta dovuta all'induttore saturabile.

Stabilita la possibilità di una simile realizzazione, una ragione di ordine pratico e contingente impedì di sviluppare un circuito di questo genere: la difficoltà di acquistare i materiali magnetici pregiati: in particolare quelli al ferro-nichel necessari per la costruzione degli induttori. Anche se si fosse riuscito ad avere i quantitativi necessari per la realizzazione di una unità sperimentale, dato che le possibilità di approvvigionamento tendevano a diventare sempre più difficili, sarebbe apparso sommamente desiderabile fare a meno dei materiali speciali.

Si esaminò allora la possibilità di impiegare il lamierino magnetico normale a basse perdite da trasformatore; anche non conoscendone le caratteristiche di magnetizzazione a qualche centinaio di periodi, esso però sembrava poco adatto perchè presentando un ginocchio di saturazione poco pronunciato, ed una permeabilità differenziale più bassa alle basse induzioni, avrebbe portato a correnti durante la pausa piuttosto sensibili che avrebbero richiesto dei condensatori di maggior mole. Questo avrebbe reso più arduo anche il problema della inserzione, la quale, per il basso fattore di potenza della saldatrice, deve avvenire in un istante in cui il valore della tensione di fase è molto prossimo al valore massimo. Ora il lamierino normale certamente non appariva indicato a risolvere il problema della inserzione, già diffusamente esaminato nella seconda parte di questa memoria.

Si intese allora cercare una soluzione analoga del problema, la quale però avesse a risolvere ad un tempo il problema della inserzione e della apertura, adoperando un lamierino magnetico normale.

E la soluzione è stata trovata dall'autore ricorrendo in sostanza a un circuito a ponte col quale si riesce teoricamente ad annullare completamente tanto la tensione quanto la corrente sia durante la fase di apertura che durante quella di chiusura (27).

Per comprendere più facilmente l'idea, si supponga di dovere interrompere un carico puramente induttivo rappresentato dalla induttanza L_0 della fig. 21 e alimentato dalla tensione alternata V_1; se in serie a questo circuito viene collegato un induttore saturabile L_1, supposto senza perdite e con ginocchio di saturazione ad angolo vivo, la corrente I_1 che viene a passare in detto circuito e quindi anche attraverso ai contatti C_1 risulta deformata nel modo noto rappresentato nella stessa fig. 21; mentre la tensione che rimane applicata alla induttanza di carico L_0 risulta conseguentemente deformata secondo la curva V_1'.

Si prevede ora un circuito ausiliario, alimentato dalla tensione V_2 in fase colla tensione V_1 ottenuta, per esempio, per mezzo di un opportuno trasformatore T_1 e costituito dalla induttanza di carico L_2 pure senza perdite, ma non saturabile.

La corrente I_2 che viene a passare in questo secondo circuito è in ritardo di 90° sulla tensione, ha una forma sinusoidale e nel tratto di circuito in comune col precedente e che contiene i contatti C_1 ha segno contrario a quello della corrente I_1.

Scegliendo opportunamente i valori di V_2 e L_2 è possibile fare in modo che, durante la pausa a corrente ridotta, quando la induttanza L_1 non è saturata, il valore della corrente I_2 sia esattamente uguale a quello della

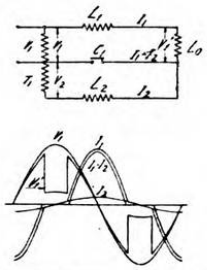


Fig. 21. — Circuito a ponte alimentante un carico puramente induttivo con pause di corrente nulla:

V_1 = tensione di alimentazione del circuito.
V_1' = tensione di alimentazione del carico L_0.
I_1 = corrente attraverso gli induttori L_1 e L_2.
I_2 = corrente attraverso l'induttore L_2.
$I_1 - I_2$ = corrente attraverso i contatti C_1.

corrente I_1. Se questa condizione è soddisfatta, durante la pausa a corrente ridotta, attraverso ai contatti C_1 viene a passare una corrente esattamente nulla. Detti contatti possono essere pertanto aperti senza alcun inconveniente. Si deve sottolineare al riguardo che detti contatti non solo vengono aperti quando la corrente è nulla, ma anche sotto tensione nulla: precisamente rimane nulla la tensione agli estremi dei contatti, per tutto il tratto della pausa a corrente ridotta, nel quale I_1 è uguale a I_2.

Considerato sotto un altro aspetto, detto circuito costituisce un ponte di cui due lati sono costituiti dalle tensioni V_1 e V_2 e gli altri due lati dalle induttanze $L_0 + L_1$ e L_2.

Dimensionando L_1 e L_2 in modo che quando L_1 non è saturo $\dfrac{L_0 + L_1}{L_2} = \dfrac{V_1}{V_2}$, la caduta di tensione nelle induttanze L_0 e L_1 è uguale a V_1 e la caduta di tensione nella induttanza L_2 è uguale a V_2, cosicchè la tensione agli estremi dei contatti C_1 rimane uguale a zero.

Venendo ora a considerare detto circuito, quando i contatti C_1 sono aperti, si deve osservare che, quando L_1 si satura, la tensione ai suoi estremi diminuisce e L_2 deve sopportare una tensione maggiore di quella che corrisponde in quell'istante a V_2.

Tenendo conto che L_1, quando non è saturo, e L_2 sono molto più grandi di L_0, si può trascurare l'impulso di tensione assorbita da L_0; risulta così che L_1 deve essere praticamente dimensionato per un impulso di tensione corrispondente alla tensione $V_1 + V_2$ diminuito dell'impulso di tensione assorbito da L_1; questo dipende a sua volta in primo luogo dalla durata della pausa a corrente ridotta.

Si può così comprendere che, se la durata della pausa è di pochi gradi elettrici, la corrente I_0 che viene a passare nella induttanza L_0, quando i contatti C_1 sono aperti, e che può essere chiamata corrente a vuoto, è limitata sopratutto dalla induttanza L_2.

La corrente a vuoto I_0 è maggiore della corrente I_2 e tanto più, quanto più grande è il rapporto V_1/V_2. Questo rapporto deve venire opportunamente scelto in modo

(26) CARLO COSTADONI: *Comandi elettronici a tubi ignitroni per saldatura a resistenza*, « Bollettino Informazioni C.G.E. », maggio-giugno 1941.

(27) Brevetto C.G.E. 4467 del 4 novembre 1941.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

da rendere minima la potenza apparente del trasformatore T_1 e dell'induttore L_2.

In realtà col circuito sopra considerato, se si riesce ad aprire ed a chiudere i contatti C_1 con tensione e corrente nulla, anche coi contatti aperti viene a passare attraverso al carico L_0 una piccola corrente I_0; tuttavia questa corrente agli effetti della saldatura è trascurabile, cosicchè, quando i contatti C_1 sono aperti si può considerare di avere completamente interrotta anche la corrente di L_0.

In una realizzazione pratica si deve naturalmente provvedere a compensare il ciclo dovuto all'isteresi e alle correnti parassite del nucleo dell'induttore L_1, similmente a quanto si è dovuto fare nel convertitore a contatti.

Il circuito della fig. 21 può essere impiegato solamente nel caso in cui il carico abbia un fattore di potenza uguale a zero, altrimenti non si riesce ad annullare la corrente che passa attraverso ai contatti C_1, poichè le correnti I_1 e I_2, che passano attraverso ad essi, non risultano esattamente uguali e in opposizione.

In realtà detto circuito può essere impiegato, con una compensazione approssimativa, anche quando il fattore di potenza del carico è diverso da zero. Basta infatti, in tale caso, sfasare opportunamente la corrente che attraversa L_2, sia variando la fase della tensione V_2, sia variando la fase della corrente I_2 rispetto alla tensione V_2.

Non si riesce invece ad ottenere una compensazione completa nel caso in cui il valore del carico ed il suo fattore di potenza sono soggetti a variare durante l'esercizio, il che avviene appunto nel funzionamento di una saldatrice a resistenza.

Si riesce tuttavia a raggiungere l'intento proposto impiegando lo schema della fig. 22 *a*.

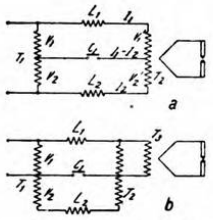


Fig. 22. — Circuiti a ponte alimentanti un carico variabile nel valore e nel fattore di potenza con pause di corrente nulla:
Il circuito *b*) è equivalente al circuito *a*), ma non richiede una saldatrice speciale ed un autotrasformatore per la piena potenza.

In tal caso il carico è costituito da una saldatrice a resistenza il cui primario, a presa centrale, è alimentato dalla tensione $V_1' + V_2'$.

L'autotrasformatore T_1, esso pure a presa centrale, è allacciato alla tensione di alimentazione e fornisce le due tensioni V_1 e V_2. La sua presa centrale è allacciata alla presa centrale del primario della saldatrice T_2 attraverso ai contatti C_1, mentre i suoi estremi sono collegati agli estremi del primario del trasformatore T_2 attraverso gli induttori L_1 e L_2.

L'induttore L_1 è del tipo saturabile, mentre l'induttore L_2 è del tipo non saturabile.

Il comportamento di detto circuito, ammettendo nulle le resistenze dei diversi avvolgimenti e trascurando la corrente di magnetizzazione del trasformatore T_2 è il seguente: qualunque sia il carico e il fattore di potenza della saldatrice, a prescindere dalla caduta dei trasformatori, la tensione V_1 è uguale alla tensione V_2 e la tensione V_1' è uguale alla tensione V_2'. Ammettendo chiusi i contatti C_1, quando l'induttore L_1 è saturato, esso non dà origine a una caduta di tensione e pertanto V_1' deve necessariamente essere uguale a V_1. Allora anche V_2', che è uguale a V_1', deve essere uguale a V_2 e ai capi dell'induttore L_2 la tensione deve essere nulla: durante questo periodo la corrente nel circuito di L_2 non subisce alcuna variazione. Attraverso la saldatrice passa la corrente di saldatura.

Quando l'induttore L_1 non è saturato, esso dà origine ad una caduta di tensione, la quale, per le stesse ragioni precedentemente enunciate, deve essere uguale alla caduta di tensione di L_2. Se in questa fase i due induttori hanno la stessa induttanza, la corrente che li attraversa deve subire la stessa variazione e viene ad avere lo stesso valore. Attraverso ai contatti C_1, i quali sono attraversati dalla differenza delle due correnti, durante la pausa a corrente ridotta passa allora una corrente uguale a zero. Essi pertanto possono essere aperti e ai loro estremi rimane una tensione nulla per tutta la durata della pausa a corrente ridotta.

Quanto sopra vale per qualsiasi fattore di potenza del carico.

L'andamento delle tensioni e delle correnti, quando i contatti C_1 sono chiusi, nel caso di fattore di potenza del carico uguale a zero, è riportato in fig. 23.

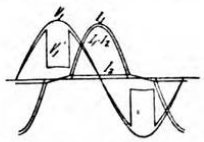


Fig. 23. — Andamento teorico delle tensioni e delle correnti nei circuiti della fig. 22 quando il carico è puramente induttivo e i contatti C_1 sono chiusi.

V_1 è la tensione di alimentazione sinusoidale.

I_1 è la corrente che passa attraverso l'induttore L_1. Essendo il fattore di potenza uguale a zero, la corrente di frequenza fondamentale risulta sfasata di 90° in ritardo, rispetto alla tensione V_1.

I_2 è la corrente che passa attraverso l'induttore L_2 la quale, superata la pausa a corrente ridotta, durante la quale è uguale a I_1, mantiene un valore costante (si trascurano le resistenze) fino all'inizio della successiva pausa a corrente ridotta. In realtà, poichè l'induttanza dell'induttore L_1, quando il suo nucleo si satura, non si annulla perfettamente, essa dà ancora origine a una piccola caduta di tensione, la quale, trasmettendosi integralmente agli estremi dell'induttore L_2, fa variare leggermente la corrente I_2 e precisamente nel rapporto dei valori attuali L_1/L_2.

V_1' è la tensione applicata al primario del trasformatore T_2. Durante la pausa a corrente ridotta essa è piccolissima, per la forte caduta nell'induttore L_1. Quando l'induttore L_1 si è saturato, V_1' è circa uguale a V_1.

In realtà, poichè il fenomeno della saturazione non è istantaneo, le variazioni di tensione all'inizio e alla fine delle pause a corrente ridotta non saranno brusche come in fig. 23, ma raccordate.

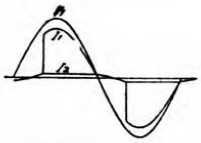


Fig. 24. - Andamento teorico delle tensioni e delle correnti nei circuiti della fig. 22 quando il carico è puramente resistivo e i contatti C_1 sono chiusi.

Le tensioni applicate agli induttori L_1 e L_2 risultano uguali alla differenza fra V_1 e V_1' o, ciò che fa lo stesso, fra V_2 e V_2'.

La fig. 24 rappresenta invece l'andamento delle correnti e delle tensioni coi contatti C_1 chiusi, quando il fattore di potenza del carico è uguale all'unità.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Quando l'interruttore L_1 è saturo, se si trascura il valore della sua induttanza, la corrente I_1 che passa attraverso ad essa ha lo stesso andamento della tensione V_1. Quando pertanto la tensione V_1 diventa prossima a zero, l'induttore L_1 si dissatura dando origine alla pausa a corrente ridotta. Ritornando l'induttore L_1 a saturarsi, la I_1 aumenta rapidamente assicurando di nuovo un andamento simile a quello delle tensioni V_1.

La pausa a corrente ridotta in questo caso si presenta all'inizio della semionda di tensione e ha una durata maggiore rispetto al caso precedente, poichè per ottenere l'inversione del flusso nell'induttore L_1, occorre lo stesso impulso di tensione, mentre la tensione di inversione è più piccola.

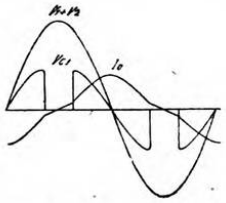


Fig. 25. — Andamento teorico delle tensioni e delle correnti nei circuiti della fig. 22 per qualsiasi condizione di carico, quando i contatti C_1 sono aperti.

A fig. 25 è infine rappresentato l'andamento della corrente e della tensione quando i contatti C_1 sono aperti; questo vale per qualsiasi fattore di potenza del carico.

La corrente I_0, che passa attraverso a L_1 e L_2 è in ogni caso praticamente in ritardo di 90° sulla tensione V_1, essendo il carico trascurabile rispetto agli induttori L_1 non saturato e L_2.

Durante la pausa a corrente ridotta la caduta di tensione attraverso a L_1, è uguale alla caduta di tensione attraverso a L_2 e la tensione agli estremi dei contatti C_1, aperti, è nulla.

Quando l'induttore L_1 si satura, l'induttore L_2 sopporta praticamente tutta la tensione $V_1 + V_2$ limitando la corrente.

Allora agli estremi dei contatti C_1 appare una tensione uguale circa alla tensione V_1.

Le considerazioni teoriche precedenti dimostrano che, qualunque sia il fattore di potenza, tanto all'apertura, quanto alla chiusura di detto circuito funzionante in regime stazionario, si riesce ad ottenere una pausa, durante la quale tanto la tensione quanto la corrente sono nulle. In realtà dette pause, se il fattore di potenza del carico non è nullo, sono spostate di una quantità diversa, rispetto alla tensione, il che non costituirebbe per se stesso un serio problema: basterebbe infatti regolare in modo adatto entro il periodo l'istante di apertura e di chiusura dei contatti.

In particolare, poichè la pausa, all'atto della chiusura dei contatti si trova in posizione tale che la componente della corrente a frequenza fondamentale risulta spostata di 90° in ritardo rispetto la tensione, indipendentemente dal fattore di potenza del carico, viene eliminato il ben noto fenomeno transitorio della sovracorrente di inserzione del trasformatore. Tuttavia, poichè il fattore di potenza del carico non è nullo, la corrente di carico non può assumere, fin dalla prima mezza onda, il suo pieno valore, ma da principio risulta inferiore, per portarsi poi al suo valore di regime, seguendo un fenomeno transitorio.

Così pure, all'atto dell'apertura, poichè il fattore di potenza del carico è maggiore di zero, la pausa a corrente ridotta è in anticipo rispetto la pausa a corrente ridotta in funzionamento a regime coi contatti aperti.

In tal caso viene introdotta una sovracorrente per così dire di inserzione nel funzionamento a vuoto.

Questi fenomeni transitori sono smorzati dalla resistenza dei circuiti; tuttavia, poichè una saldatura a tratto continuo consta di una successione di punti molto vicini, (a volte si scelgono punti e pause della durata di due periodi), alla successiva manovra di chiusura o di apertura il fenomeno transitorio praticamente può non essere del tutto eliminato, il che potrebbe compromettere le condizioni di buon funzionamento.

Non si è ritenuto che valesse la pena di impostare e di portare a termine uno studio analitico di questo fenomeno transitorio, non tanto perchè esso appariva non poco complesso, ma sopratutto in quanto i risultati teorici si sarebbero scostati da quelli pratici essendo in realtà la caratteristica di magnetizzazione dell'induttore saturabile più complessa di quella supposta nell'esame dianzi fatto.

Tuttavia da un esame sommario di questo fenomeno transitorio non erano risultate delle complicazioni preoccupanti, tanto più che nel caso specifico il fattore di potenza della saldatrice è molto basso.

In complesso è sembrato più conveniente affrontare questo problema sperimentalmente, anche perchè un eventuale fenomeno transitorio poteva essere neutralizzato, premagnetizzando opportunamente l'induttore saturabile, regolando i tempi di chiusura o di apertura dei contatti o variando il rapporto dei trasformatori T_1 e T_2.

Ad ogni modo lo schema della fig. 22 *a* ha l'inconveniente di richiedere l'avvolgimento primario della saldatrice T_2 a presa centrale e un autotrasformatore T_1 di potenza.

In pratica è pertanto consigliabile ricorrere allo schema della fig. 22 *b* il cui funzionamento è perfettamente equivalente al precedente.

Mediante due modesti autotrasformatori T_1 e T_2 e due induttori L_1 e L_2 si sarebbe così dovuto riuscire a risolvere il problema dell'inserzione e della interruzione della corrente di una saldatrice a resistenza, aprendo i contatti quando la corrente è praticamente nulla ed evitando le difficoltà sia di chiusura che di apertura.

In pratica l'isteresi dei nuclei magnetici e la resistenza dei diversi circuiti dovevano modificare i termini del problema. In particolare la pausa a corrente ridotta nell'induttore L_1 non resta simmetrica rispetto all'asse dello zero, mentre durante la saturazione di L_1 la corrente in L_2 tenderà a zero, a causa della resistenza.

L'effetto di questi fenomeni poteva essere tuttavia compensato con diversi accorgimenti.

D'altra parte, se nelle pagine precedenti si è supposto di poter realizzare durante le pause a corrente ridotta dell'induttore saturabile L_1 una pausa a corrente esattamente nulla attraverso ai contatti C_1, in realtà non è facile raggiungere in modo preciso questa condizione, poichè il valore di L_1 durante la pausa a corrente ridotta non rimane esattamente costante, sia perchè la permeabilità resta costante solamente in una piccola parte del tratto utilizzabile per la pausa a corrente ridotta (e ciò particolarmente a una frequenza equivalente di alcune centinaia di Herz), sia perchè le linee di flusso nel circuito magnetico dei reattori non presentano tutte la stessa lunghezza, e arrivano pertanto a saturazione in tempi successivi.

Questi inconvenienti possono essere attutiti seguendo diversi metodi i quali possono essere impiegati singolarmente o contemporaneamente.

Per contenere entro i più stretti limiti la differenza di lunghezza delle linee di flusso del nucleo magnetico bisogna dimensionare questo con particolare cura, prescindendo anche da considerazioni economiche. Impiegando per esempio lamierini magnetici anulari è necessario che il diametro interno differisca il meno possibile dal diametro esterno.

Oppure per ottenere una pausa a corrente veramente nulla si potrebbe impiegare un induttore L_2 di induttan-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

za non costante, in modo da ottenere una corrente I_2, che nel tratto a corrente ridotta uguagli in valore assoluto la corrente I_1. La deformazione della corrente ausiliaria I_2 può essere ottenuta, per esempio, inserendo al posto dell'induttore L_2 costante due induttori L_2', e L_2'' di cui il primo facilmente saturabile, in modo da introdurre una curvatura nella corrente I_2 che abbia a corrispondere a quella della corrente I_1.

Se l'altro induttore L_2'' limitatore della corrente ausiliaria I_2 ha un valore costante, per ottenere la caratteristica voluta, l'induttore L_1' deve essere più rapidamente saturabile dell'induttore L_1; d'altra parte questo schema porta ad una corrente a vuoto I_0 particolarmente grande, quando i contatti C_1 sono aperti.

Si possono eliminare questi inconvenienti facendo l'induttore L_2'' di induttanza variabile in funzione della corrente I_2 ma in senso contrario alla induttanza di L_2'.

Mentre la induttanza L_2' diminuisce quando la corrente I_2 supera un determinato valore, la induttanza L_2'' aumenta con l'aumentare della corrente; la induttanza L_2'' può essere ottenuta mediante due induttori polarizzati in senso contrario da un avvolgimento a corrente continua e collegati in serie. Scegliendo opportunamente le caratteristiche di L_2' e L_2'' si può dare alla corrente ausiliaria I_2, coi contatti C_1 chiusi, l'andamento della fig. 26. (La corrente I_2 è stata indicata di segno opposto a quello della corrente I_1 per maggiore chiarezza).

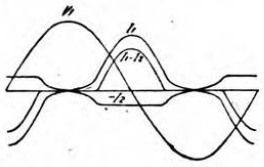


Fig. 26. — Deformazione della corrente I_2, in modo che abbia esattamente ad uguagliare la corrente I_1 durante la pausa a debole corrente di questa.

Comunque anche se non si riesce ad ottenere una perfetta eguaglianza delle due correnti in un tratto sufficientemente lungo della pausa a corrente ridotta, è sufficiente ridurre la corrente attraverso ai contatti C_1 a un valore minimo e ottenere una inversione di corrente al termine della pausa.

È notorio infatti che questa inversione di corrente è sufficiente per spegnere un eventuale adescamento di un arco.

Si può ottenere questo scopo in modo molto semplice, scegliendo l'induttore L_2 di induttanza leggermente più piccola di quella massima dell'induttore L_1.

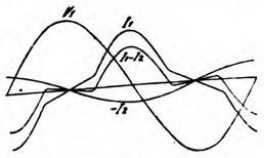


Fig. 27. — Supercompensazione della corrente durante la pausa in modo da ottenere due inversioni di corrente utili per lo spegnimento di un eventuale arco.

In tal modo, con riferimento alla fig. 27, nell'intorno del valore zero la corrente I_2 assume valori leggermente più grandi di quelli di I_1. La corrente $I_1 - I_2$ che passa attraverso ai contatti C_1 presenta così tre inversioni per ogni pausa di cui due possono essere utilizzate per lo spegnimento di un eventuale arco dopo l'apertura dei contatti.

Non essendo perfettamente nulla la corrente durante la pausa, per aprire i contatti, bisogna naturalmente inserire in parallelo un condensatore adatto. L'apertura risulta tuttavia facilitata di molto, come risulta evidente dalla fig. 27, poichè, durante la pausa, la corrente $I_1 - I_2$ che attraversa i contatti C_1 è molto più piccola della corrente I_1 che attraversa l'induttore L_1.

Così pure per lo stesso motivo la tensione fra i contatti aperti non sarà nulla per tutta la durata della pausa, ma avrà un valore molto piccolo che faciliterà il problema della chiusura dei contatti.

Poichè le precedenti considerazioni apparivano particolarmente promettenti, si passò alla realizzazione di un campione, il quale, dopo le necessarie verifiche di laboratorio, avrebbe dovuto funzionare collegato a una saldatrice a resistenza a tratto continuo esistente in una delle fabbriche della C.G.E.

I diversi elementi del circuito vennero dimensionati col seguente criterio:

Caratteristica della saldatrice esistente:

$$75\ \text{kVA}_{\text{massimi}} - 275\ \text{V} - 42\ \text{Hz}.$$

Induttore saturabile:

Tenendo conto di un ciclo di lavoro di 0,5 e di una riduzione di potenza del 30 % dovuta alla inserzione della pausa a corrente ridotta, la corrente di carico è stata supposta di 135 A_{efficaci}.

Per il dimensionamento dell'induttore saturabile si è utilizzata la formula del Koppelmann che dà la durata della pausa in funzione dei dati di progettazione:

$$\Delta t = \frac{2\,N\,S\,B_{max}}{V}$$

dove Δt = durata della pausa in sec.
N = numero delle spire.
S = sezione del nucleo magnetico in cm².
B_{max} = induzione massima utilizzabile agli effetti della pausa in V/cm².
V = valore medio della tensione applicata all'induttore durante la pausa in V.

In realtà, scelta la durata della pausa, la formula sopra riportata permette solamente di ricavare il prodotto NS.

I due fattori N e S vengono scelti non solo in base a considerazioni di convenienza, ma col criterio di contenere il valore della corrente durante la pausa entro determinati limiti.

Dopo diversi tentativi si sono scelti i seguenti dati:

Nucleo di lamierini al silicio spessore 0,35 mm, perdite 1,3 W.

Lamierini anulari ϕ_{interno} 175 mm — ϕ_{esterno} 250 mm.

Le proporzioni non erano le più vantaggiose perchè la circonferenza esterna è del 43 % maggiore della circonferenza interna, ma si vollero utilizzare lamierini già pronti.

Altezza pacco 60 mm.

Sezione ferro ca. 20 cm².

Numero spire 180 con prese a 120 per poter eseguire esperienze anche a 160 volt.

Pur non conoscendo la caratteristica di magnetizzazione a qualche centinaio di Hz, si è supposto un B_{max} di $1{,}25 \times 10^{-4}$ V/cm². Dato che la pausa a corrente ridotta si presenta in prossimità del valore massimo della tensione, si è supposto che il valor medio della tensione V fosse uguale al valor massimo.

La durata della pausa a 275 V — 42 Hz secondo i calcoli doveva risultare:

a 180 spire	$\Delta t = 2{,}3 \times 10^{-3}$ sec	$= 35°$
a 120 »	$\Delta t = 1{,}54 \times 10^{-3}$ »	$= 23°,30'$
a 60 »	$\Delta t = 0{,}77 \times 10^{-3}$ »	$= 11°,45'$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

e a 160 V — 42 Hz:

a 120 spire $\Delta t = 2{,}64 \times 10^{-3}$ » = 40°
a 60 » $\Delta t = 1{,}32 \times 10^{-3}$ » = 20°

L'avvolgimento di potenza è stato realizzato con 6 bobine di filo rame ϕ 3 mm collegate in parallelo prevedendo di ventilare l'induttore per erogare correnti superiori a 100 A.

Autotrasformatori.

I due autotrasformatori T_1 e T_2 sono stati costruiti per un rapporto di trasformazione 275/550 — 5,5 kVA passanti — 10 A resi con prese di correzione fra 275 a 286 V per eventuali compensazioni.

Induttore di compensazione.

L'induttore di compensazione a due gambe con giogo separato per la regolazione del traferro, onde poter variare il valore della corrente di equilibrio ed eliminare la saturazione, è stato fornito di diversi avvolgimenti collegabili in serie e in parallelo e dimensionati per:

0,25 H 8 A
1 » 4 »
4 » 2 »

Carico.

Quale carico si è utilizzato un trasformatore per saldatura ad arco col secondario in corto circuito da 16 kVA a 160 V.

Le prove preliminari sono state eseguite alla tensione di 160 V esistente nel Laboratorio di Elettronica Industriale. Trattandosi di prove preliminari non si sono fatti rilievi oscillografici, ma semplicemente rilievi oscilloscopici dei quali però i più significativi sono stati ricopiati con una certa cura: tali sono gli oscillogrammi riportati più avanti.

La inserzione dell'induttore saturabile in serie al primario della saldatrice ha portato ai risultati seguenti:

Tensione di alimentaz.	V_1	150	153	150	V
Spire induttore	N	0	120	60	
Corrente efficace	I_1	112,5	46	81,5	A
Tensione primaria ...	V_1'	150	70,5	120	V
Durata pausa (circa) .	Δt	0	41	23	gradi elettrici

La durata della pausa apprezzata all'oscilloscopio si accorda abbastanza bene con quella prevista.

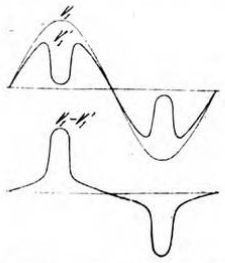


Fig. 28. — Oscillogrammi delle tensioni applicate all'induttore saturabile ($V_1 - V_1'$) e alla saldatrice (V_1').

È risultata invece molto forte la caduta di tensione provocata dall'induttore: ciò è dovuto al fatto che il ginocchio di saturazione non è molto pronunciato per cui la induttanza dell'induttore saturato è ancora sensibile.

Questo risulta evidente dall'oscillogramma della fig. 28, dove sono riportati:

1) la tensione V_1 di linea
2) » » V_1' di alimentazione del trasformatore
3) » » $V_1 - V_1'$ ai morsetti dell'induttore saturabile inserito con 120 spire.

La fig. 29 rappresenta gli oscillogrammi della corrente che attraversa i contatti C_1 durante la pausa per diversi valori della induttanza L_2 ottenuti variando il traferro dell'induttore di compensazione.

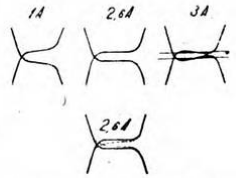


Fig. 29. — Oscillogrammi delle correnti attraverso ai contatti C_1 chiusi per diversi valori della corrente di compensazione I_2:
Con una corrente di compensazione di 2,6 amp durante la pausa la corrente che attraversa i contatti C_1 non subisce alcuna variazione. La curva tratteggiata indica l'effetto della premagnetizzazione dell'induttore saturabile

Per stabilire lo spostamento dovuto al ciclo di perdite per isteresi e correnti parassite, invece di tracciare l'asse dei tempi, si sono portate a sovrapporre due semionde spostate di 180° elettrici, considerando quale asse dei tempi la retta intermedia alle due curve.

L'induttore saturabile L_1 era inserito con 120 spire. Nel tratto centrale della pausa la corrente si mantiene praticamente costante quando la corrente di compensazione I_2 raggiunge circa 2,6 A eff.

Con una corrente di compensazione di 3 A si arriva ad una super-compensazione.

Per la premagnetizzazione dell'induttore saturabile destinato ad eliminare il ciclo di perdite, si è impiegata una corrente alternata a forma trapezoidale ottenuta con un circuito appositamente studiato sul quale non è il caso di fermarsi (28).

Dalla fig. 29 si può rilevare l'effetto di una corrente di premagnetizzazione di 1,5 A.

Effettivamente il ciclo di perdite risulta diminuito, ma in compenso la corrente durante la pausa viene a variare come se fosse diminuita la corrente di compensazione.

Ciò è dovuto al fatto che il circuito di premagnetizzazione dell'induttore saturabile non è sufficientemente induttivo, il che fa diminuire la induttanza effettiva dell'induttore L_1 non saturato.

Mentre da un lato conviene aumentare la induttanza del circuito di premagnetizzazione, dall'altro si può neutralizzarne l'effetto aumentando a sua volta la corrente di compensazione.

Pertanto si è potuto concludere che agendo su queste due grandezze si ha la possibilità di annullare praticamente la corrente durante la pausa come facevano prevedere le considerazioni teoriche sopraesposte.

L'oscillogramma della fig. 30 rappresenta l'andamento della tensione fra i contatti C_1 quando questi sono aperti. Con una corrente di compensazione di 2,6 A la tensione fra detti contatti durante la pausa arriva effettivamente ad annullarsi, ma solamente per un brevissimo intervallo di tempo. Ciò significa che, effettivamente, quando i contatti sono chiusi, la corrente durante la pausa rimane esattamente costante solo per un brevissimo intervallo di tempo.

La curva tratteggiata in fig. 30 rappresenta come viene a modificarsi la tensione fra i contatti C_1 premagnetizzando l'induttore L_1 con una corrente di 1,5 A.

Detta premagnetizzazione, per la stessa ragione per la

(28) Brevetto C.G.E. 4448 del 24 settembre 1941.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quale non mantiene costante la corrente attraverso i contatti chiusi durante la pausa, allontana la tensione dal valore nullo quando i contatti sono aperti.

Si comprende come, per portare di nuovo a zero la tensione durante la pausa, basta aumentare la corrente di premagnetizzazione.

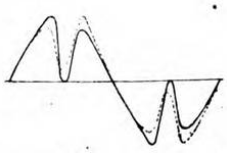


Fig. 30. — Oscillogrammi della tensione che appare ai contatti C_1 aperti con una corrente di compensazione I_2 di 2,6 A:
Durante la pausa la tensione effettivamente arriva ad annullarsi. La curva tratteggiata indica l'effetto della premagnetizzazione dell'induttore saturabile, con una corrente di 1,5 A.

Quantunque queste prove preliminari lasciassero prevedere la possibilità di arrivare ad un risultato concreto, si è preferito tuttavia ordinare alla Krupp dei nuclei di lamierino magnetico speciale al silicio Hyperm 5, onde raggiungere risultati migliori, soprattutto allo scopo di aumentare il fattore di potenza.

Nel frattempo per portare a termine le prove si è realizzato anche un interruttore sincrono. Allo scopo si è scelto un interruttore a contatti del tipo di quelli impiegati da Koppelmann. In un comando elettromeccanico per saldatura si deve però avere la possibilità di cambiare facilmente la frequenza dei punti di saldatura come pure il ciclo di lavoro.

L'apparecchio realizzato in laboratorio è stato progettato per tre diverse frequenze di saldatura: 4-6 e 8 periodi.

La fig. 31 rappresenta l'apparecchiatura costruita per detto scopo.

Il motore sincrono M ha quattro poli ed è fornito di un pignone P di tela bachelizzata allo scopo di ottenere un funzionamento silenzioso.

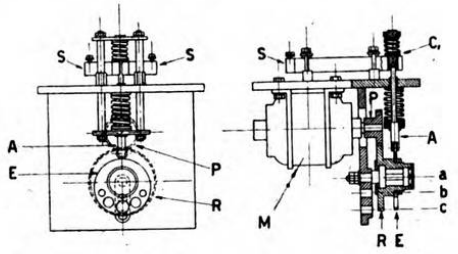


Fig. 31. — Contattore sincrono comandato da un eccentrico:
Per la variazione del ciclo di saldatura si deve variare il diametro della ruota dentata completa di eccentrico.
Per la variazione del ciclo di lavoro basta variare l'eccentrico.

M = motore sincrono a 4 poli.
P = pignone in tela bachelite.
R = ruota dentata.
E = eccentrico.
A = asta di comando.
C_1 = contatti.
S = sbarre collettrici.
a) ciclo di saldatura 4 periodi.
b) » » » 6 »
c) » » » 8 »

Il pignone ingrana con una ruota dentata R, la quale porta un eccentrico E destinato ad azionare, per mezzo di un'asta adatta A, il contatto elettrico C_1.

Secondo questa disposizione, per cambiare la frequenza di saldatura si deve cambiare la ruota dentata completa di perno, sostituendola con un'altra di diametro diverso da fissarsi nel foro corrispondente. Per cambiare il ciclo di lavoro basta invece cambiare l'eccentrico.

In questa costruzione si era previsto un eccentrico per facilitare la regolazione della fase di apertura e di chiusura dei contatti. Questa poteva essere ottenuta variando l'angolo di fissaggio dell'eccentrico e la lunghezza dell'asta di comando del contatto. Ma in una costruzione definitiva si prevedeva di sostituire l'eccentrico con una camme onde ottenere una maggiore rapidità e precisione di apertura dei contatti.

Pertanto nella esecuzione definitiva per il cambio del ciclo di lavoro e della frequenza di saldatura si sarebbero dovute fare delle sostituzioni abbastanza facili e semplici.

Il contatto C_1, azionato dall'eccentrico attraverso ad un'asta opportuna, consta di un disco di rame ricoperto da una lamina d'argento, il quale viene compresso da una molla a spirale contro le due sbarre inferiori S che costituiscono i morsetti dell'interruttore.

Su questo interruttore sincrono si sono fatte delle prove sistematiche per eliminare qualsiasi saltellamento del contatto all'atto della chiusura. Per ottenere ciò si è dovuto rinforzare la molla e alleggerire al massimo il disco di rame.

Portate a termine queste prove preliminari, le esperienze erano state sospese, in attesa di ricevere i nuclei di materiale magnetico Krupp-Hyperm 5.

Purtroppo l'intera apparecchiatura venne distrutta da un incendio dovuto ad una delle incursioni aeree dell'agosto 1943.

Pertanto le esperienze non poterono essere continuate e non si sa neppure quando e se potranno essere riprese.

Il problema infatti, pur rimanendo di attualità, non riveste più per la C.G.E. lo stesso carattere di urgenza di quando fu posto allo studio. D'altra parte l'A.E.G. nel frattempo riusciva a costruire i cristalli ignitori e i tubi ignitroni [29].

Si è ritenuto, tuttavia, di un certo interesse segnalare questa soluzione ai lettori, anche se le esperienze relative si sono dovute troncare anzitempo.

CONCLUSIONE

Le idee veramente originali di Koppelmann hanno consentito di aprire una nuova via nel campo della conversione diretta dell'energia elettrica.

Il convertitore a contatti di Koppelmann presenta un rendimento superiore a quello di qualsiasi altro tipo ed appare particolarmente indicato nel campo delle basse e medie tensioni (fino a 600÷800 V) dove la caduta d'arco del raddrizzatore a vapore di mercurio incide in modo notevole o sensibile sul rendimento complessivo.

Nelle tensioni superiori (fino a 3000 V) il convertitore a contatti non appare conveniente rispetto al raddrizzatore a vapore di mercurio.

Nelle tensioni ancora più elevate esso non è neppure realizzabile per le limitazioni elettromeccaniche a cui va incontro il commutatore a contatti.

Nel campo delle bassissime tensioni il rendimento del convertitore a contatti è superiore a quello dei raddrizzatori a secco, ai quali potrebbe fare concorrenza soprattutto alle massime intensità di corrente.

Quantunque Koppelmann abbia sviluppato anche delle unità di piccola potenza, non si ritiene che il solo guadagno in rendimento possa rendere il convertitore a contatti d'applicazione universale; nelle unità di piccola potenza la completa staticità e conseguente semplicità dei raddrizzatori a valvole costituisce pur sempre un vantaggio insostituibile. In questo campo solamente un minor costo potrà permettere al convertitore a contatti una larga affermazione.

Gli induttori di commutazione, che hanno consentito a Koppelmann di realizzare il convertitore a contatti, appaiono vantaggiosamente applicabili anche ai raddrizzatori a vapore di mercurio onde facilitare la deionizza-

[29] E. ARENDS: *Zündstiftgesteuerte Entladungsgefässe der A.E.G.*, « A.E.G. Mitteilungen », marzo-aprile 1941.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA I. – LA COMMUTAZIONE NELLA GENERAZIONE DELLA CORRENTE CONTINUA

Pos.	Tipo di macchina	Artificio fondamentale di commutazione		Organi di commutazione		Artificio e organi di commutazione in funzionamento anormale	Ragioni che limitano		Prestazioni massime raggiunte
		Tensione di commutazione	Modo di ottenerla	Tipo di commutatore	Organi ausiliari		le prestazioni massime e i sovraccarichi	un impiego conveniente	
1	Dinamo colle spazzole sull'asse neutro.	È prodotta dalla caduta di tensione nella resistenza di contatto alle spazzole.	Variando periodicamente la resistenza di contatto spazzola-lamella.	Collettore rotante a segmenti e spazzole ferme in posizione fissa.	Spazzole di elevata resistività elettrica.	Spazzole di elevata resistività elettrica.	Scintillamento e archi al collettore.	Sostituita dalle dinamo di pos. 2 e 3.	Alcuni kW.
2	Dinamo colle spazzole spostabili dall'asse neutro.	È indotta dal campo principale.	Spostando le spazzole nel senso di rotazione dell'indotto in funzione del carico.	Collettore rotante a segmenti e spazzole ferme ma regolabili.	Regolatore automatico o manuale della posizione delle spazzole.	Idem	Idem	Sostituite dalle dinamo di pos. 3 non appena le potenze sono sensibili.	Alcune centinaia di kW
3	Dinamo coi poli ausiliari.	È indotta dal campo ausiliario.	Eccitando i poli ausiliari colla corrente di indotto.	Collettore rotante a segmenti e spazzole ferme in posizione fissa.	Poli ausiliari.	Idem	Idem	Perdite meccaniche ed elettriche. Costo.	8 000÷10 000 kW a 1000-1500 V
4	Commutatrice.	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	5000÷6000 kW a 1000-1500 V
5	Trasverter.	È data dalla differenza delle tensioni delle fasi in commutazione.	Spostando le spazzole in ritardo rispetto al punto di uguaglianza delle tensioni di fase.	Collettore fermo a segmenti e spazzole rotanti e regolabili.	Regolatore automatico o manuale dello spostamento delle spazzole.	Idem	Idem	Commutazione non soddisfacente per un esercizio pratico.	2000 kW a 100 000 V
6	Raddrizzatore a getti di mercurio.	Idem	Regolando opportunamente la fase del comando dei getti di mercurio.	Sistema di getti di mercurio oscillanti.	Regolatore automatico o manuale dello sfasamento del comando dei getti di mercurio.	Resistenza elettrica dell'arco che si forma all'interruzione della corrente.	Possibilità elettromeccaniche di natura costruttiva.	Perdite di commutazione nell'arco di apertura.	200 kW a 550 V
7	Raddrizzatore a valvole.	Idem	Automaticamente per l'effetto valvolare.	Sistema di valvole elettriche.	Nessuno.	Nessuno.	Archi di ritorno.	Caduta d'arco.	6000÷8000 kW a 600-800 V. Sperimentale. 20 000÷30 000 kW a 220 000 V
8	Convertitore a contatti.	Idem	Automaticamente per l'effetto degli induttori saturabili.	Contattore multiplo sincrono a contatti di argento.	Sistema di induttori saturabili e di condensatori.	Contattore ultrarapido che cortocircuita il trasformatore.	Bruciatura dei contatti.	Costo. Sensibilità ai sovraccarichi.	6000 kW a 600 V
9	Raddrizzatore a valvole e a induttori saturabili.	Idem	Automaticamente per l'effetto valvolare.	Sistema di valvole elettriche.	Sistema di induttori saturabili capaci di alleggerire il compito delle valvole elettriche.	Nessuno.	Archi di ritorno.	Caduta d'arco e costo.	Mancanza di dati.
10	Convertitore a contatti ed a valvole ausiliarie.	Idem	Automaticamente per l'effetto degli induttori saturabili.	Contattore multiplo sincrono a contatti di argento.	Sistema di induttori saturabili e di condensatori.	Sistema di valvole elettriche comandate alla chiusura.	Presumibilmente nessuna, nel campo delle basse e medie tensioni.	Costo.	Mancanza di dati.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

zione al termine della commutazione; questo dovrebbe permettere nel campo degli ignitroni a bassa tensione di alleggerire o togliere gli schermi allo scopo di portare al minimo la caduta d'arco; nel campo delle altissime tensioni dovrebbe aumentare la portata in corrente onde poter raggiungere più facilmente le potenze unitarie richieste dal trasporto a distanza di energia elettrica a corrente continua.

Gli stessi induttori di commutazione applicati ai raddrizzatori a secco conferiscono a questi ultimi le stesse possibilità di regolazione della tensione offerte dal comando di griglia nei raddrizzatori a vapore di mercurio.

Infine gli induttori di commutazione possono essere utilizzati in tutti quei casi nei quali si esige una periodica ed accurata interruzione della corrente alternata, come per esempio nei comandi elettromeccanici per saldatrici elettriche a resistenza a tratto continuo.

Per alcune di queste applicazioni si attende ancora una conferma sperimentale alle previsioni teoriche.

Si può tuttavia fin d'ora tranquillamente affermare che una larga affermazione degli induttori di commutazione dipenderà soprattutto dalle migliorate caratteristiche e dall'abbassamento di costo dei materiali magnetici speciali, necessari per la realizzazione dei loro nuclei.

Effettivamente oggi esistono già sul mercato dei materiali magnetici al ferro-nichel che, presentando sulla caratteristica di magnetizzazione un ginocchio di saturazione molto pronunciato, appaiono particolarmente indicati allo scopo.

Tuttavia, per il loro forte contenuto in nichel, essi, mentre sono oggigiorno praticamente inapplicabili, anche nel dopo guerra troveranno una limitazione di ordine economico; basti pensare che in un convertitore a contatti, per la realizzazione degli induttori di commutazione si richiede circa il 30% in peso dei lamierini richiesti per la costruzione del trasformatore.

Sono in continuo miglioramento le caratteristiche magnetiche dei lamierini al silicio; essi però, anche nelle migliori qualità odierne, sono nettamente meno indicati dei precedenti, mentre il loro prezzo (che è molto più elevato di quello dei lamierini migliori per trasformatori) viene ancora a incidere sensibilmente sul costo totale dell'apparecchio.

Appare pertanto ragionevole affermare che la possibilità di una più larga applicazione degli induttori di commutazione dipenderà sostanzialmente dal materiale magnetico al ferro silicio di tipo speciale, dal quale si attende un miglioramento nelle caratteristiche magnetiche ed un abbassamento nel costo.

La posizione che vengono ad occupare gli induttori saturabili nel problema della commutazione per la generazione della corrente continua è riassunta nella tabella I.

L'autore desidera ringraziare vivamente il prof. Ercole Bottani per i preziosi consigli ricevuti con tanta generosità durante la stesura del presente lavoro.

LETTERE ALLA REDAZIONE

A proposito di un recente Manuale di Elettrotecnica

In merito alle circostanze, attinenti alla pubblicazione del Manuale di Elettrotecnica industriale e applicata dell'Ing. Dott. E. Beneventani, che formò oggetto di miei rilievi nel n. 16 de « L'Elettrotecnica » 1944, l'Autore, che ne è venuto tardivamente a conoscenza, ha fornito i seguenti chiarimenti, dei quali prendo atto e ritengo opportuno sia data notizia ai lettori del giornale.

Dronero, giugno 1945. LUIGI LOMBARDI

Torino, 15 giugno 1945.

Illustre Professore Lombardi,

soltanto in questi giorni sono venuto a conoscenza delle osservazioni che Ella ha fatto su L'Elettrotecnica *del 16 ottobre 1944 relativamente al mio libro pubblicato dalla Casa Editrice « La Prora ». Desidero precisarLe talune circostanze di fatto, le quali varranno — spero — a giustificare ciò che a Lei deve essere apparso frutto di imperdonabile leggerezza.*

Fedele al mio atteggiamento antifascista — che già mi fece profugo in Francia dal 1922 al 1928 — abbandonai la mia residenza nei giorni successivi all'8 settembre 1943 e mi diedi ad attività partigiana, vivendo alla macchia sino alla liberazione del Piemonte.

Durante la mia assenza, e a mia completa insaputa, la Casa Editrice « La Prora » ha creduto di mettere in commercio un certo numero di copie del mio libro aggiungendo arbitrariamente un'appendice sulle Telecomunicazioni e Radiocomunicazioni, apponendo, oltre alla dedica originaria, un titolo diverso dal precedente e indicando come data di edizione il 1944.

Di tutto ciò per il fatto in sè, e perchè contravveniva al preciso impegno da me assunto in sèguito alle Sue giuste osservazioni di emendare sostanzialmente l'opera, prima di effettuarne una seconda edizione, io fui sinceramente addolorato, ed appena venutone a conoscenza, ho rivolto alla Casa Editrice una regolare protesta con riserva di ogni eventuale ricorso ad azione legale.

Mi creda, con immutata deferenza, sempre di lei dev.

EMILIO BENEVENTANI

DALLE RIVISTE

H. Widmer — **Convenienza della pompa di calore come complemento di impianti frigoriferi industriali.** (E. Verwertung, 1944-1945, n. 6-7, pag. 129 a 136, con 7 fig.).

Gli impianti frigoriferi funzionano sullo stesso principio della pompa di calore: mediante l'evaporazione di un elemento refrigerante viene sottratto calore a bassa temperatura ad un serbatoio di calore (locali da refrigerare, salamoia); tale calore viene portato a una temperatura superiore mediante una compressione dell'elemento refrigerante e, mediante la condensazione di questo, versato in un altro serbatoio di calore (condensatore ad acqua). Il calore sottratto al primo serbatoio, a bassa temperatura, e quello equivalente al lavoro di compressione vengono perduti, riguardo all'industria, nell'acqua di circolazione del condensatore. Rari sono finora i casi di ricupero di tale calore: l'A. cita l'impianto di un frigorifero sud-americano in cui l'acqua, riscaldata di circa 7 a 10 °C nel condensatore viene usata per lavaggi e anche per alimentare caldaie.

Per gli impianti industriali i quali, oltre all'impianto frigorifero richiedono anche notevoli quantità di calore sotto forma di acqua calda, si pone il problema se non convenga utilizzare il calore contenuto nel mezzo refrigerante risparmiando così combustibile. Il problema acquista particolare importanza nelle attuali contingenze di scarsità di disponibilità di carbone.

Alcuni grandi impianti del genere già sono stati eseguiti, impiegando pompe di calore per elevare il livello di temperatura.

Due tipici esempi sono i seguenti:

Impianto della Viscosa Suisse S. A. a Widnau. — L'impianto frigorifero aveva una potenzialità di 335 000 cal/h, con salamoia a —10 °C. Venne deciso nel 1942 di com-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

pletarlo con la installazione di un impianto di termopompe per ottenere 475 000 cal/h come acqua a 60 °C.

L'impianto frigorifero comprendeva 3 compressori a stantuffo Sulzer per una potenza di circa 90 kW che funzionano come primo stadio di compressione elevando il contenuto termico a 406 000 calorie/h. Come secondo stadio venne installato un altro compressore a stantuffo da 90 kW mediante il quale il contenuto termico del gas viene elevato da 335 000 cal/h (sottratte all'ambiente da raffreddare) a 475 000 cal/h le quali vengono utilizzate per il riscaldamento dell'acqua.

Mediante il funzionamento del secondo compressore si possono così utilizzare 475 000 cal/h anzichè lasciare perdere 335 000 cal/h. La potenza del motore della termopompa è di circa 102 kW. Si può dunque ritenere come cifra di merito dell'impianto di termocompressione il valore $\varepsilon = \frac{475\,000}{102 \times 860} = 5{,}41$.

Il confronto con l'impianto di riscaldamento a combustibile si pone nei seguenti termini: per una quantità annua di calore di 3800×10^6 calorie, si ha un consumo di 816 000 kWh, invece di 617 tonnellate di carbone da 7000 cal/h (supposto un rendimento complessivo di 0,88). Dati i costi relativi dell'energia elettrica (3,5 pfennig/kWh) e del carbone (100 franchi svizzeri per tonnellata) l'impianto realizza una economia di 32 200 franchi all'anno. Tutto considerato l'impianto verrebbe ammortizzato in 5 anni.

Particolari dispositivi sono stati studiati per la regolazione, in relazione alle variazioni di carico dell'impianto frigorifero.

Impianto della Bell AG a Basilea. — Questa grande fabbrica di salumi con annesso macello richiede grandi quantità di acqua calda per lavaggi, ecc. Per risparmiare il combustibile necessario si ricorse alla pompa di calore in collegamento con l'esistente impianto frigorifero.

Si trattava di portare da 10 a 70 °C circa 60 000 litri di acqua al giorno, corrispondenti cioè a 3,6 milioni di calorie.

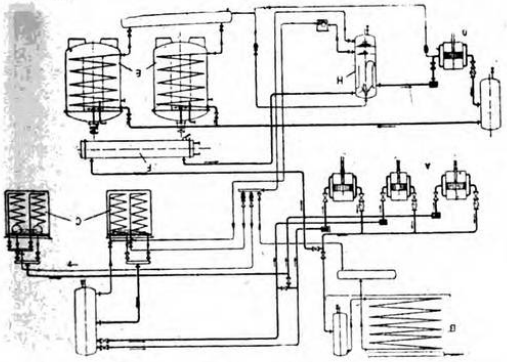


Fig. 1. - Schema dell'impianto della Viscosa Suisse S. A.
A primo stadio di compressione; *B* condensatore del primo stadio di compressione; *C* evaporatore; *D* secondo stadio di compressione; *E* condensatore del secondo stadio (generatore di acqua calda); *F* raffreddatore del gas.

La fig. 2 rappresenta lo schema dell'impianto.

Il compressore *B* dell'impianto frigorifero costituisce anche in questo caso il primo stadio di termocompressione. I gas di ammoniaca compressi a 8,2 atmosfere e surriscaldati a circa 70 °C, vengono addotti, attraverso il separatore d'olio *C*, al raffreddatore *E* dove perdono il calore di surriscaldamento raffreddandosi fino a 18 °C (temperatura di saturazione) al contatto dell'acqua a 10 °C. I gas saturi a 18 °C passano a un compressore di nuova installazione che costituisce il secondo stadio della termocompressione. Questo compressore è a due gradini, per aumentarne il rendimento e diminuire la temperatura di compressione; i due cilindri sono a doppio effetto allineati in modo che l'asta dello stantuffo è unica. Nel primo cilindro i gas vengono portati a 19 atmosfere e passano poi in un secondo raffreddatore dove cedono ancora all'acqua il loro nuovo calore di surriscaldamento; nel secondo cilindro i gas raffreddati vengono portati a 35 atmosfere per poi passare, attraverso il separatore d'olio *I*, al condensatore *K*. L'acqua dal primo raffreddatore *E*, dove entra a 10 °C, passa al secondo raffreddatore *F*, poi alla camera di raffreddamento del compressore *H* e finalmente al condensatore *K* del quale esce a 70 °C.

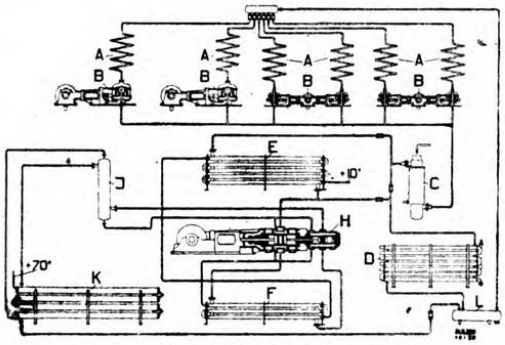


Fig. 2. - *Schema dell'impianto della Bell AG.*
A evaporatore; *B* compressore di ammoniaca; *C* separatore d'olio; *D* condensatore dell'impianto frigorifero; *E* primo raffreddatore del gas; *F* secondo raffreddatore del gas; *H* termopompa; *I* separatore d'olio; *K* condensatore della termopompa; *L* serbatoio d'acqua calda.

Nonostante il forte salto di temperatura, grazie alla disposizione molto razionale, l'impianto raggiunge una cifra di merito di 4,55, corrispondente a 3915 cal/kWh; infatti la quantità di calore utilizzato è di 180 000 cal/h, con un consumo di 46 kWh.

Il flusso dell'acqua è regolato mediante un termostato e una valvola automatica a motore, in base alla temperatura dell'acqua stessa. Siccome il consumo non è uniforme, si è installato un serbatoio ben isolato di acqua calda da 50 m³. *N.*

Associazione Elettrotecnica Italiana
AEI
Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche. - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI MILANO

Assemblea generale ordinaria dei soci del 15 marzo 1945.

Il Presidente, ing. Faletti, dopo un saluto agli intervenuti, rileva che l'Assemblea, essendo andata deserta in prima convocazione per non essersi raggiunto il numero legale dei soci presenti, è ora valida in seconda convocazione ai sensi dell'art. 27 del Regolamento della Sezione, qualunque sia il numero degli intervenuti; osserva argutamente che il numero degli intervenuti è assai modesto probabilmente perchè i soci, che erano stati invitati a presenziare all'Assemblea per « criticare » l'operato della Presidenza, hanno ritenuto che non vi fosse la necessità di fare delle critiche. Ricorda poi che la presente Assemblea è stata regolarmente convocata mediante invito personale diramato a tutti i Soci in data 1° marzo 1945 col seguente

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ORDINE DEL GIORNO

1°) - Comunicazioni della Presidenza.

2°) - Discussione e approvazione del Conto consuntivo 1944 e del Conto preventivo 1945.

3°) - Elezione di:
- *a*) quattro Consiglieri Delegati al Consiglio Generale;
- *b*) tre Revisori effettivi in sostituzione dei signori: Bonazzi Prof. Ottavio, Bozzolo Dr. Ing. Giambattista, Regoliosi Dr. Ing. Piero, rieleggibili;
- *c*) due Revisori supplenti in sostituzione dei signori: Costadoni Dr. Ing. Carlo e Vergani Dr. Ing. Giovanni, rieleggibili.

4°) - Eventuali e varie.

1° - COMUNICAZIONI DELLA PRESIDENZA.

Il Presidente si alza, imitato da tutti i presenti, per ricordare i soci defunti del cui trapasso è giunta la notizia nel periodo decorso dall'ultima Assemblea. Il Presidente commemora poi brevemente gli scomparsi.

— *Dott. Ing. Virgilio Bellini.* - Laureatosi giovanissimo al Politecnico di Milano, fu assunto dalla Soc. An. Salmoiraghi della quale, grazie alle Sue doti eccezionali, divenne dopo breve tempo Direttore. Specialmente dedito agli studi nel campo ottico, si distinse soprattutto per le brillanti affermazioni nella fototecnica, nelle realizzazioni di strumenti per geodesia e topografia. Diede grande sviluppo al ramo strumenti di bordo, per aviazione e marina, divenendo, per la Sua esperienza e Sua cultura, apprezzatissimo consulente in tutte le questioni riguardanti gli strumenti scientifici.

Faceva parte di numerose Commissioni tecniche e culturali.

Lascia largo rimpianto presso i colaboratori e quanti Lo conobbero e Lo apprezzarono.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1914.

— *Sandro Chiari.* - Nacque a Monza il 14 novembre 1924. Nel maggio 1943 conseguì, con ottimo risultato, il diploma di Perito Industriale Elettrotecnico e fu subito assunto dalla Società Istrumenti di Misura C.G.S. di Monza, in qualità di impiegato tecnico del Laboratorio Ricerche, dove diede prova di ottime qualità tanto personali che tecniche.

Vittima della Sua grande passione per la montagna, periva il 30 ottobre 1944, per assideramento, sulla cresta Segantini.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1942.

— *Prof. Dott. Giovanni Devoto.* - Nato a Genova nel 1903. Laureatosi all'Università di Milano, fu nominato Assistente presso l'Istituto di Chimica Industriale dell'Ateneo stesso, quindi professore incaricato.

Possedeva vasta cultura, aveva doti di fine sperimentatore e la sua produzione scientifica fu veramente notevole.

Le sue ricerche sulle tensioni di decomposizione degli elettroliti fusi e le energie libere di formazione dei sali ecc. contribuirono in modo decisivo al progresso, dell'ultimo ventennio, nel campo degli elettroliti fusi. Altri suoi lavori riguardano problemi di chimica metallurgica (acciai al piombo).

In questi ultimi anni si dedicò alla organizzazione scientifica delle vaste imprese della Società Acciaierie Falck del cui Consiglio di Amministrazione faceva parte.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1941 ed era consigliere della sezione di Milano.

— *Dott. Ing. Bruno Fantini.* — Nacque l'11 luglio 1899 a Bergamo. Nel 1918 prese parte alla difesa del Piave. Laureatosi al Politecnico di Milano nel 1923, svolse la propria attività nel campo delle apparecchiature elettriche. Nel 1938 fondò la Società An. Fantini Alberto, per la costruzione di apparecchi di controllo e regolazioni automatiche, e apparecchiature a bassa tensione con comando a distanza. Lascia largo rimpianto presso i collaboratori e quanti Lo conobbero e Lo apprezzarono.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1925.

— *Ing. Piero Giovanola.* - Nato a Torino nel 1861, si diplomò in ingegneria civile e meccanica alla École des Arts et Manufactures et des Mines di Liegi nel 1882 ed iniziò la Sua carriera nel campo della trazione. Nel 1885 fu assunto dalla Società Tramviaria interprovinciale, dove rimase fino al 1896, quando venne nominato Direttore dei Tram del Comune di Milano, carica che ricoprì fino al 1910; passò quindi alla Direzione delle Ferrovie del Ticino, di cui divenne poi anche Consigliere Delegato, indi liquidatore. Fu inoltre consigliere di amministrazione della Stel e di molte società tranviarie; di molte altre fu consulente tecnico. Si può dire perciò che l'ing. Giovanola fu il padre delle tranvie ed ha vissuta con esse tutta la Sua vita.

Morì il 29 maggio 1944.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1901.

— *Dott. Ing. Nazzareno Giulidori.* - Nacque a Spoleto il 5 agosto 1883 e si laureò presso il Politecnico di Milano. Nel 1912 fu nominato Direttore dell'Azienda Elettrica di Spoleto. Eseguì importanti lavori di ampliamento e rimodernamento delle linee e delle centrali. Nel 1928 passò alle dipendenze della U.N.E.S., e nel 1930 all'Ente Nazionale Propaganda Prevenzioni Infortuni sul lavoro, quale capo dei servizi elettrotecnici.

Morì sul lavoro il 18-12-1944, restando vittima di un incidente, mentre per ragioni di ufficio si recava ad Oggiono.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1914.

— *Pino Hensemberger.* - Nacque a Rivarolo il 28 ottobre 1875. Compiuti gli studî secondari, entrò nell'Azienda paterna, dove la Sua attività si esplicò nella soluzione di molti problemi tecnici, fra i quali il progetto e la messa a punto del sistema di illuminazione delle vetture ferroviarie mediante accumulatori elettrici.

Valente continuatore dell'opera del Padre, curò con particolare competenza lo sviluppo delle applicazioni degli accumulatori specialmente nel campo della trazione ferro-tranviaria. Fu iniziatore in Italia della fabbricazione di accumulatori a piastre corazzate ed alcalini e realizzò a Castelnuovo di Napoli un nuovo Stabilimento per la fabbricazione di accumulatori elettrici. Morì il 4 ottobre 1944.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1938.

— *Dott. Ing. Augusto Mantovani.* - Nato a Pavia nel 1884, si laureò giovanissimo presso il Politecnico di Milano e, a seguito di un premio in un concorso, potè frequentare poi, per un corso di perfezionamento, l'Università Montefiore di Liegi. Al Suo ritorno in Patria ottenne un posto di fiducia presso la Ditta Marelli e poi presso la S.I.P.E. Espletò la Sua attività nell'ampliare lo Stabilimento di Cengio e nel costruire gli Stabilimenti di Ferrania e Forte dei Marmi.

Istituì in seguito un Ufficio di Consulenza Tecnica attraverso il quale furono progettati gli impianti di alcune importanti fabbriche italiane.

Fondò poi una propria ditta per impianti industriali, dedicandosi alla progettazione delle centrali termiche e termoelettriche sia in Italia che all'estero.

Morì il 23 dicembre 1944.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1909.

— *Dott. Ing. Carlo Mina.* - Nato a Varese il 2 luglio 1860. Si laureò in ingegneria civile presso il Politecnico di Milano dove fu, per alcuni anni, docente di architettura pratica. Nel 1884 iniziò la Sua carriera di costruttore nel campo ferroviario, anche per conto proprio, tanto in Italia come in Isvizzera, ma si dedicò poi alla costruzione degli impianti idroelettrici. La Sua attività in tale settore si iniziava negli ultimi anni del secolo scorso con la costruzione dell'impianto di Vizzola. Seguirono poi le Centrali di Turbigo e Vigevano, di Bard Strembino sulla Dora e di Porlezza sul Cuccio. Dal 1905 lavorò per conto di diverse Aziende in qualità di costruttore fiduciario abbinando le funzioni di progettista, di direttore dei lavori e di costruttore, attività questa che durò per oltre 25 anni.

Fra i più importanti impianti da Lui costruiti si possono citare quelli di Grossotto, Ponchiera, Tirano, Boffetto, Venina, tutti in Valtellina e di Luino sul Tresa.

Carattere diritto, severo con se stesso e di paterna comprensione verso gli altri, Egli lascia un profondo rimpianto in quanti ebbero la fortuna di avvicinarLo.

Morì quasi ottantaquattrenne il 21 giugno 1944.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1900.

— *Dott. Ing. Fabio Niccolai.* - Nacque a Pistoia il 10 febbraio 1892. Prese parte alla guerra 1915-1918 in qualità di ufficiale di artiglieria. Oltre alla Croce di guerra fu insignito di un encomio solenne per aver ideato e realizzato un apparecchio per il puntamento delle artiglierie.

Laureatosi e trascorso un breve periodo presso le officine Galileo di Firenze, si dedicò poi al campo delle costruzioni delle grandi dighe di impianti idroelettrici. Dal 1924 al 1930 fu Direttore tecnico della S. A. Costruzioni di Milano e diresse i cantieri di costruzione delle dighe del Barbellino, dello Sperando, ed altri.

Dal 1930 al 1937 diresse i lavori della diga sul Piave delle forze idrauliche Alto Cadore, nonchè di quelle sul Ratti. Progettò e fu consulente presso la bonifica dell'Alento e quella del Sele.

Quale consulente della « Falck » progettò la diga di Rocchetta e quella di Osiglietta.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Nel 1937 fu nominato Direttore dei lavori idroelettrici della Montecatini per la quale progettò la centrale in caverna di Bressanone.

Lascia numerose pubblicazioni tecniche; specialmente importanti quelle sulle dighe alleggerite a contrafforti affiancati.

Mancò il 20 ottobre 1944.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1938.

— *Dott. Ing. Paolo Ricotti.* - Iniziò la Sua carriera professionale presso le Ferrovie reali sarde, passando poi alla Società Cellina di Venezia ed altre. Fondò nella nativa Voghera un Frigorifero-Industria del freddo, che diresse per circa quarant'anni. Fu anche direttore delle Aziende Gas-Telefoni-Luce di Voghera e ingegnere municipale del gasometro di Parma per ben 18 anni, apprezzatissimo per le Sue capacità e la Sua competenza.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1897.

— *Dott. Ing. Francesco Rossi.* - Nato a Firenze 71 anni fa, aveva un brillante passato di dirigente e di industriale. Il suo nome è legato alla diffusione degli accumulatori « Tudor » in Italia.

Per un quarantennio dedicò la Sua attività all'azienda che portò ad un alto grado di organizzazione tecnico-industriale. Nel 1936 introdusse la fabbricazione delle pile, elevando anche in questo campo la Tudor ad essere la prima fabbrica nel nostro Paese. Collaborò con società estere (in Polonia e in Ungheria) per la fabbricazione degli accumulatori, società che rapidamente prosperarono grazie appunto all'apporto della Sua rara esperienza tecnica nel ramo.

Fu presidente della Società Generale Ital. Trasporti Autoelettrici e della Società Finanziamento Servizi Urbani e consigliere della Soc. Orobia. Fu dei primi ad attuare di propria iniziativa provvedimenti di assistenza per i suoi dipendenti.

Mancò il 23 gennaio 1945, lasciando un profondo rimpianto in quanti Lo amarono e Lo ebbero per collaboratore.

Apparteneva alla nostra Associazione dal 1908.

Il Presidente invita l'Assemblea ad un breve raccoglimento in omaggio alla memoria dei defunti e rinnova alle famiglie l'espressione delle più vive condoglianze.

Passa poi a fare le seguenti comunicazioni:

Biblioteca. — Non ritenendosi sufficientemente sicura la sistemazione della biblioteca in un locale della Centrale di Trezzo della Soc. Orobia, i volumi sono stati nell'ottobre scorso trasferiti in altro locale (messo anche questo gentilmente a disposizione dalla Soc. Orobia) sito in una casa di Trezzo lontana dalla Centrale. A seguito delle non poche denunce di smarrimento di volumi per azioni di guerra presentate dai soci, che avevano libri a prestito, il Consiglio nella riunione del 19 ottobre 1944 ha deciso di sospendere sino a nuovo avviso il servizio prestiti. I volumi di cui all'elenco della circolare rosa unita all'avviso di convocazione sono quelli segnalatici come sicuramente perduti; vi sono tuttavia molti altri libri che non sono ancora stati restituiti e pei quali si stanno facendo le opportune pratiche per averli di ritorno. A coloro che non sono più in grado di restituire i volumi è stato richiesto un adeguato indennizzo. Gli acquisti di nuovi libri si sono proseguiti cercando di arricchire la Biblioteca di tutto quel poco di interessante pubblicato in questi ultimi tempi.

A seguito della suddetta circolare inviata, assieme alla lettera di convocazione dell'Assemblea, il socio sig. Francesco Longoni ha offerto in omaggio alla nostra biblioteca il volume Veroi: « Misure elettriche ».

Per le riviste estere in abbonamento gli arrivi sono stati molto irregolari, per cui al ritorno della normalità occorrerà provvedere a colmare le inevitabili lacune delle collezioni.

Uffici. — L'impiegata, signora Rossi, che già dal giugno scorso aveva chiesto una licenza per motivi di salute, ha poi dato le dimissioni per gli stessi motivi il 31 agosto. Tenute presenti le particolari ragioni che hanno dato luogo a tale passo e il lodevole servizio prestato, le sono state corrisposte le indennità come se fosse stata licenziata. Attualmente il disbrigo delle non poche pratiche amministrative e contabili è stato assunto dal rag. Faletti, coadiuvato per la parte materiale da personale della Soc. Orobia.

Quote. — A seguito di una richiesta dell'Ufficio Centrale, che versava in notevoli difficoltà per far fronte alle accresciute spese e ai diminuiti introiti (molte Sezioni non essendo più in grado di inviare il proprio contributo), nel maggio scorso si sono invitati i soci a versare una quota supplementare. L'esito di tale richiesta è stato veramente lusinghiero ed ha dimostrato una volta di più l'attaccamento, si può dire, della totalità dei soci al nostro sodalizio. Esso ha permesso di versare all'U. C. quanto ci era stato richiesto. Sempre a seguito di richiesta dell'U. C. e d'accordo con la Presidenza generale, sono state fissate le nuove quote per il 1945.

Esse sono:

Soci juniores	da L.	40	a L.	75
» individuali residenti	»	100	»	200
» individuali non residenti	»	75	»	150
» collettivi 1ª categoria	»	100	»	200
» collettivi 2ª categoria	»	500	»	1000
» collettivi 3ª categoria	»	900	»	1800
» collettivi 4ª categoria	»	1500	»	3000

come già è stato comunicato a tutti i soci con circolare del dicembre scorso.

Situazione soci.

Il Presidente comunica che i soci sono passati da n. 1517 al 31 dicembre 1943 a n. 1547 al 31 dicembre 1944, con un aumento di 30 unità così risultante:

In aumento:		
per nuove iscrizioni	N. 198	
provenienti da altre sezioni	» 9	
reinscritti e cambio categoria	» 69	
		N. 276
In diminuzione:		
soci radiati per morosità	N. 184	
defunti, dimissionari, passati ad altre sezioni	» 56	
temporaneamente sospesi	» 6	
		N. 246
Complessivamente in aumento		N. 30

VARIAZIONE SOCI NEL 1944

	al 31-12-43	al 31-12-44	in più	in meno
Soci juniores	139	225	86	—
» individuali residenti	929	864	—	65
» individuali non residenti	328	338	10	—
» collettivi 1ª categ.	11	11	—	—
» collettivi 2ª categ.	28	26	—	2
» collettivi 3ª categ.	31	33	2	—
» collettivi 4ª categ.	23	25	2	—
» vitalizi	23	21	—	2
» perpetui	5	4	—	1

Nel 1944 si sono avute n. 276 nuove domande d'iscrizione così ripartite:

Soci juniores	N. 127
» individuali residenti	» 88
» individuali non residenti	» 53
» collettivi di 1ª categoria	» —
» collettivi di 2ª categoria	» 3
» collettivi di 3ª categoria	» 3
» collettivi di 4ª categoria	» 2
» vitalizi	» —
» perpetui	» —

Anche quest'anno si è avuto un numero piuttosto cospicuo di soci morosi dovuto alle particolari situazioni dello sfollamento ecc., creato dallo stato di guerra.

Il Presidente prega il segretario di leggere l'elenco dei soci che nel 1944 hanno presentato le loro dimissioni e invita i presenti a fare opera di persuasione presso gli eventuali loro conoscenti compresi nel suddetto elenco perchè recedano dalla loro decisione. Dato lo scarso numero di intervenuti all'Assemblea, non si è ritenuto opportuno di dar lettura dell'elenco dei soci radiati.

Il Presidente raccomanda poi a tutti gli intervenuti di fare propaganda per procurare nuove adesioni alla nostra Associazione.

Attività della Sezione.

Nel 1944 si sono avute 13 manifestazioni e precisamente 11 comunicazioni, 1 commemorazione e 1 riunione di discussione con la media di una ogni due settimane a partire dalla fine di febbraio. La frequenza degli intervenuti è stata soddisfacente, tale da compensare il sacrificio fatto dalla Sezione per organizzare le manifestazioni stesse. Quest'anno si continua con lo stesso ritmo e la partecipazione dei soci è anche più numerosa. Il Presidente ringrazia in modo particolare il Segretario ing. Paleari per la lodevole attività da lui svolta in questo campo tanto importante per la vita della nostra Associazione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

2° - DISCUSSIONE ED APPROVAZIONE DEL RENDICONTO 1944 E DEL CONTO PREVENTIVO 1945.

Il Presidente dà per letto il Rendiconto dell'anno 1944 e lo stato patrimoniale al 31 dicembre 1944 nonchè il Preventivo 1945, tutti già approvati dal Consiglio della Sezione nella seduta del 22 febbraio u. s. Il Presidente dichiara aperta la discussione sui conti e si considera a disposizione di quanti avessero schiarimenti da chiedere. Nessuno domanda la parola in merito.

Dopo di che pone in votazione l'approvazione dei conti stessi.

Essi sono approvati da tutti i presenti per acclamazione, con prova e controprova.

CONTO RENDITE E SPESE 1944

RENDITE

Contributo Soci:			
N. 227 juniores	L. 40	L. 9.080,—	
» 340 individuali non resid.	» 75	» 25.500,—	
» 880 individuali residenti	» 100	» 88.000,—	
» 11 collettivi 1ª categoria	» 100	» 1.100,—	
» 28 collettivi 2ª categoria	» 500	» 14.000,—	
» 34 collettivi 3ª categoria	» 900	» 30.600,—	
» 25 collettivi 4ª categoria	» 1.500	» 37.500,—	
» 21 vitalizi residenti	» 40	» 840,—	
» 1 vitalizi non residenti	» 15	» 15,—	
» 4 perpetui	» 125	» 500,—	
» 16 sostenitori individuali	» 20	» 320,—	
» 9 sostenitori collettivi	» —	» 1.200,—	
» 3 aggregati	» 10	» 30,—	
			L. 208.685,—
Interessi attivi			» 17.470,65
Sopravvenienze attive (saldo attivo)			» 8.296,30
TOTALE RENDITE			L. 234.451,95

SPESE

Contributi alla Sede Centrale:			
N. 227 juniores	L. 30	L. 6.810,—	
» 1220 individuali	» 60	» 73.200,—	
» 11 collettivi 1ª categoria	» 60	» 660,—	
» 28 collettivi 2ª categoria	» 200	» 5.600,—	
» 34 collettivi 3ª categoria	» 500	» 17.000,—	
» 25 collettivi 4ª categoria	» 1.000	» 25.000,—	
» 24 juniores radiati	» 20	» 480,—	
» 165 individuali radiati	» 30	» 4.950,—	
» 3 collettivi 2ª cat. radiati	» 100	» 300,—	
			L. 134.000,—
Affitto, illuminazione		L. 25.200,70	
Biblioteca		» 8.719,05	
Amministrazione		» 51.175,50	
Conferenze		» 14.318,70	
			L. 99.413,95
TOTALE SPESE			L. 233.413,95
Avanzo esercizio 1944			» 1.038,—
			L. 234.451,95

CONTO PREVENTIVO DELL'ANNO SOCIALE 1945

RENDITE

Contributi:			
N. 200 Soci juniores a	L. 75	L. 15.000,—	
» 300 Soci individ.non resid.	» 150	» 45.000,—	
» 800 Soci individ. resid.	» 200	» 160.000,—	
» 11 collettivi 1ª categoria	» 200	» 2.200,—	
» 25 collettivi 2ª categoria	» 1.000	» 25.000,—	
» 30 collettivi 3ª categoria	» 1.800	» 54.000,—	
» 25 collettivi 4ª categoria	» 3.000	» 75.000,—	
» 20 vitalizi	» 80	» 1,600,—	
» 4 perpetui	» 125	» 500,—	
» 15 sostenitori individuali	» 20	» 300,—	
» 10 sostenitori collettivi	» 100	» 1.000,—	
			L. 379.600,—
Interessi attivi			» 18.000,—
TOTALE RENDITE			L. 397.600,—

SPESE

Contributi alla Sede Centrale per:			
N. 200 Soci juniores a	L. 60	L. 12.000,—	
» 1100 individuali	» 120	» 132.000,—	
» 11 Soci collettivi 1ª cat.	» 120	» 1.320,—	
» 25 Soci collettivi 2ª cat.	» 400	» 10.000,—	
» 30 Soci collettivi 3ª cat.	» 1.000	» 30.000,—	
» 25 Soci collettivi 4ª cat.	» 2.000	» 50.000,—	
			L. 235.320,—
Affitto, illuminaz., riscaldamento e servizi		L. 45.000,—	
Biblioteca: periodici, libri e rilegature		» 25.000,—	
Amministrazione: personale, posta, cancelleria, stampati, ecc.		» 60.000,—	
Conferenze e visite		» 30.000,—	
Varie e pareggio		» 2.280,—	
			» 162.280,—
TOTALE			L. 397.600,—

CONTO PATRIMONIALE AL 31 DICEMBRE 1944

ATTIVO

Cassa	L. 7.677,30		
C/c presso la Banca Commerciale Italiana	» 43.584,25		
C/c presso la Banca Mutua Popolare di Bergamo	» 112.665,45		
C/c presso l'Ufficio Postale di Milano	» 116.688,93		
			L. 280.615,93
Prestito Redimibile 3,50% (nom. L. 100.000) al costo	L. 87.677,—		
Rendita Italiana 5% (nom. L. 50.000) al costo	» 47.500,—		
Buoni Tesoro Novenn. 5% 1950 1ª emissione (nom. L. 100.000) al costo	» 99.600,—		
Buoni Tesoro Novenn. 5% 1951 1ª emissione (nom. L. 50.000) al costo	» 47.250,—		
Buoni Tesoro Novenn. 5% 1951 2ª emissione (nom. L. 54.500) al costo	» 50.695,50		
			» 332.722,50
Interessi da riscuotere			» 4.000,—
Crediti diversi			» 2.175,—
			L. 619.513,43

PASSIVO

Fondo per la Sede Sociale (ivi compreso l'avanzo dell'esercizio 1943 di L. 926,75)	L. 361.608,03		
Contributi 1945 esatti nel 1944	» 84.460,—		
Debiti diversi	» 102.123,10		
Debiti verso l'Ufficio Centrale	» 70.284,30		
			L. 618.475,43
Avanzo Esercizio 1944			» 1.038,—
			L. 619.513,43

3° - ELEZIONE DI CONSIGLIERI E DI REVISORI.

Scadono di carica per compiuto triennio i consiglieri delegati al Consiglio Generale dott. ing. Amilcare Berni, dott. ing. Aldo Giacomoni, dott. ing. Giuseppe Palandri; vi è inoltre da rinnovare il seggio lasciato vacante dal compianto prof. Giovanni Devoto, il cui mandato veniva pure a scadere nel 1944.

A questo punto il socio ing. Micheloni chiede la parola a nome di un gruppo di soci proponendo i seguenti nomi per la carica di consigliere delegato: dott. ing. Carlo Pramaggiore (in sostituzione dell'ing. Berni), dott. ing. Valentino De Martini (in sostituzione dell'ing. Giacomoni), dott. ing. Alfio Gulinello (in sostituzione dell'ing. Palandri), dott. ing. Ermanno Barassi (in sostituzione del prof. Devoto).

Il Presidente ricorda che scadono di carica anche i revisori effettivi signori Bonazzi dott. prof. Ottavio, Bozzolo dott. ing. Giambattista, Regoliosi dott. ing. Giovanni; tutti questi però essendo, a differenza dei Consiglieri, rieleggibili, il Presidente propone che vengano riconfermati nella carica.

Tutte le proposte sono approvate per acclamazione.

4° - EVENTUALI E VARIE.

Essendo così esauriti tutti gli argomenti dei quali doveva trattare il Presidente, l'ultimo comma dell'ordine del giorno è a disposizione dei soci. Il Presidente chiede perciò se qualcuno ha da chiedere la parola in merito a qualche comma dell'ordine del giorno. Nessuno desiderando la parola, il Presidente dichiara sciolta l'Assemblea e invita a prendere la parola l'ing. Roberto Vannotti, il quale svolge la seconda parte della sua interessante comunicazione riguardante «*Il problema del coordinamento degli isolamenti negli impianti elettrici*». Su tale comunicazione verrà riferito in altro fascicolo della Rivista.

ERRATA CORRIGE

Nella lettera dell'Ing. Giacomoni comparsa sul n. 1 Gennaio 1945 del nostro giornale — seconda colonna, linee 19÷20 — si deve leggere:

(ad esempio 20 000 kVA oppure aventi un rapporto $\frac{kVA}{giri/min} > 40$).

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 29 D
Applicazioni termiche – Applicazioni varie – Condutture – Elettrochimica ed elettrometallurgia – Impianti – Motori primi.

Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 36 D
Essiccatoio elettrico per erba – Andamento del consumo di energia elettrica nella Svizzera – Consumi di energia elettrica da parte dell'Amministrazione dei telefoni svizzeri.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPLICAZIONI TERMICHE.

G. Seulen - H. Voss — **Tempera superficiale con riscaldamento a induzione a media frequenza.** (Stahl u. Eisen, 23 dicembre 1943 e 30 dicembre 1943, pag. 929 a 936 e pag. 962 a 965, con 33 fig.). 5 v

Per studiare a fondo le caratteristiche di questo sistema di tempera sono state eseguite due serie di esperienze durante le quali si rilevava l'andamento della temperatura non soltanto alla superficie del pezzo ma anche a varie profondità entro di esso. A tale scopo si pensò di praticare precedentemente nel pezzo opportuni fori nei quali si potessero introdurre coppie termoelettriche; ma la inerzia termica di esse è troppo grande per seguire con sufficiente esattezza il processo di riscaldamento per induzione che è molto rapido. Si ricorse allora a un altro sistema, cioè ad apprezzare le temperature dalle variazioni di durezza e di struttura che subisce, con la temperatura, un acciaio a struttura martensitica. Gli AA. illustrano con qualche particolare le precauzioni prese per utilizzare questo sistema di valutazione delle temperature e evitare le possibili cause di errore. Le prove furono eseguite su provini da 70 mm di diametro, con testa temprante di 73 mm di diametro interno e larghezza di 29 mm, usando corrente con frequenza di 2000 p/s. Furono eseguite esperienze con diversi valori della potenza applicata, da 40 a 180 kW, e con diverse durate di applicazione, da 2,5 a 30 secondi. In diagrammi sono riportate le curve dell'andamento di temperatura nell'interno del pezzo, rilevate nelle varie prove; il loro andamento è molto regolare e uniforme testificando della attendibilità del metodo di valutazione impiegato. Con potenza di 180 kW bastano 7 secondi per ottenere temperature superiori a 800 °C fino a profondità di oltre 8 mm; con 40 kW e 30 secondi si arriva a 10 mm di profondità con oltre 800 °C. Col crescere della potenza applicata le curve si fanno più ripide e quindi diventano minori i tempi necessari ma maggiori le differenze di temperatura entro il limite della zona temperabile e cresce il pericolo di un surriscaldamento superficiale dell'acciaio. Altre serie di prove furono eseguite con provini da 36 mm di diametro, con teste tempranti di diametro interno 38 mm e larghezza di 20 mm, mantenendo il provino in rotazione a 40 giri/min; condizioni elettriche eguali alle precedenti, col sistema della tempera a zone successive, variando la velocità di avanzamento da 140 a 680 mm/min. I risultati delle misure di temperatura sono riportati in diagrammi. Con basse velocità di spostamento e piccola potenza applicata (35 kW) si ottiene un riscaldamento quasi uniforme su tutto lo spessore del pezzo; con potenze più elevate le curve di temperatura diventano più ripide; scegliendo opportunamente i valori della potenza applicata e della velocità di spostamento della testa temprante si possono ottenere curve di temperatura che hanno un andamento quasi orizzontale entro una zona superficiale di un dato spessore e cadono poi rapidamente, con un gomito brusco, a profondità maggiori; ciò corrisponde ad ottenere una limitazione ben definita della zona temperata lasciando dolce il nucleo. Altri diagrammi sperimentali sono riportati per illustrare la influenza della potenza applicata e del tempo di applicazione sulla profondità di tempera. Si riconosce che per ottenere piccole profondità bisogna ricorrere a potenze elevate con piccole durate di applicazione. Altri diagrammi illustrano invece l'andamento della temperatura superficiale in funzione ancora della potenza applicata e della durata di essa, e servono per scegliere le opportune condizioni di esercizio per evitare il pericolo di surriscaldamenti o bruciature superficiali dell'acciaio. Altre ricerche hanno messo in evidenza i rapporti fra la potenza, la durata, la profondità di tempera e la larghezza della zona che risulta temperata usando una testa temprante di date dimensioni: per piccole potenze, onde ottenere zone temperate di larghezza circa eguale a quella della testa, occorrono tempi alquanto lunghi e quindi anche elevate profondità di tempera; per ottenere lo stesso risultato con piccole profondità di tempera, bisogna adottare potenze elevate e piccole durate di applicazione. Analoghe ricerche sono state eseguite per il metodo di tempera a zone successive, con varie velocità di spostamento della testa temprante. Condizioni particolari si presentano quando il pezzo da trattare è tubolare o forato assialmente. Se lo spessore del pezzo scende sotto certi valori, a parità di altre condizioni si ottiene una profondità di tempera maggiore che per un pezzo pieno di eguale diametro e si può arrivare a trovare temperata la parete per tutto il suo spessore. Quanto alla influenza della qualità dell'acciaio vige per la tempera a induzione quanto è noto per la tempera ordinaria. Nella tempera a induzione ha poca importanza la sgrassatura superficiale dei pezzi, non si producono nè fenomeni di decarburazione nè scorificazioni per ossidazione superficiale. *N.*

B. Bauer — **La pompa di calore.** (E. Wirtschaft, 5 luglio 1943, pag. 224 a 228, con 3 fig.). 5 f

L'A. per esporre i fondamenti teorici della pompa di calore comincia con il richiamare le leggi fondamentali della termodinamica e specialmente quella dell'aumento dell'entropia, ricordando come le trasformazioni secondo le quali vi sarebbe diminuzione di entropia siano impossibili. Considera poi due schemi di dispositivi di trasformazione di energia in uno dei quali si realizza la produzione di lavoro elettrico o meccanico per mezzo di calore, e l'altro in cui inversamente si verifica la elevazione di calore ad una temperatura più alta mediante impiego di energia meccanica o elettrica. Il primo comprende un normale impianto con caldaia, turbina e condensatore; il secondo comprende un evaporatore di un fluido (ad esempio ammoniaca) entro il quale è posto un serpentino in cui circola acqua; il fluido evapora (avendo basso punto di ebollizione) sottraendo calore Q_2 all'acqua a una temperatura T_2; il vapore di ammoniaca viene compresso, mediante l'impiego di una certa quantità di energia meccanica o elettrica Q_e, e si porta ad una temperatura maggiore; in un condensatore poi, la ammoniaca cede le due quantità di calore ricevute $Q_2 + Q_e = Q_1$ alla temperatura T_1 a un altro fluido, per es. acqua; l'ammoniaca condensata ritorna poi all'evaporatore. In entrambi i cicli suddetti la quantità di lavoro meccanico o elettrico producibile o occorrente dipende dal rapporto delle temperature T_2/T_1. In un diagramma l'A. riporta l'andamento del rapporto Q_e/Q_1 in funzione della temperatura T_1. Quando si vuol produrre energia bisogna naturalmente stare nel campo dei grandi valori di tale rapporto mentre nel caso della pompa di calore è desiderabile avere un piccolo valore del rapporto stesso. Su detto diagramma l'A. segna con zone tratteggiate il campo di valori riguardante rispettivamente la produzione di energia mediante motori a combustione interna, turbina a gas,

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1 D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

turbine a vapore a condensazione o a contropressione, e finalmente il campo relativo alle pompe di calore. Dall'esame di tale diagramma si possono dedurre molte proprietà caratteristiche delle pompe di calore. Esse sono molto sensibili, per quanto riguarda il consumo specifico di energia, alle variazioni di temperatura. Dalla considerazione dei vari modi possibili di collegamento fra i due circuiti tipici, di produzione di energia e di pompa di calore, l'A. deduce i vari tipi di impianto di pompa di calore che sono possibili. Vengono poi esposte considerazioni intorno alla importanza economica degli impianti delle pompe di calore tenendo conto dei prezzi della energia elettrica disponibile e distinguendo il caso in cui essa sia prodotta in impianti idraulici o termici. In particolare in questo secondo caso ogni impianto termico che possa venire sostituito da una pompa di calore porta ad un consumo complessivo di carbone minore e ad un maggior consumo di energia elettrica. Queste considerazioni portano a concludere che il campo di applicazione più conveniente per le pompe di calore si ha quando si possano usare turbine a vapore a contropressione per la produzione di energia e dove sia possibile comandare direttamente la pompa di calore con una macchina termica a vapore utilizzando il vapore di scarico di essa nel ciclo della stessa pompa di calore. *Ri.*

Ad. Ritterhaussen — **Produzione continua di gas d'acqua con riscaldamento elettrico.** (E. Wirtschaft, 20 marzo 1943, pag. 114 a 116, con 1 fig.). **5 v**

Se si fa passare vapore d'acqua su cok incandescente, alla temperatura di circa 1000 °C, avviene una scomposizione del vapore e una reazione col carbonio dando luogo CO_2 e ad idrogeno libero. Si ottiene così il gas d'acqua, che generalmente viene prodotto in modo discontinuo alternandosi nei gasogeni un periodo di soffiamento d'aria per produrre la accensione del cok, e periodi di insufflazione di vapore con conseguente raffreddamento del carbone. Molti tentativi sono stati fatti per ottenere una produzione continua di gas d'acqua ma la maggior parte dei metodi proposti non permette di usare carbone fossile mentre è proprio questo che si trova disponibile negli impianti cittadini di produzione di gas. A questo inconveniente ovvia il generatore descritto dall'A., a riscaldamento elettrico. Un bilancio termico dimostra che, supponendo che il vapore venga addotto al generatore già alla temperatura di 1000 °C, occorrerebbero circa 0,69 kWh per ogni m³ di gas prodotto (comprese le perdite di calore); mentre se si suppone per semplicità di addurre vapore a 400 °C, generato in una comune caldaia, occorrono 0,85 kWh per ogni m³. La costruzione di un generatore continuo deve tenere conto della necessità di poter evacuare con la dovuta rapidità il gas che si genera e che assume un volume eguale a circa 20 000 volte quello del cok, nonchè le ceneri, in modo che la superficie del cok sia sempre libera per poter venire a perfetto contatto col nuovo vapore. La pezzatura del cok deve essere piccola per offrire grande superficie. La costruzione del generatore descritto è assai semplice. Esso è costituito da una camera verticale, dal basso della quale entra il vapore il quale, da un riscaldatore elettrico, viene portato a 1000 °C prima di arrivare nella zona di reazione; il polverino di cok, a sua volta già portato alla temperatura di reazione, entra invece dall'alto nella zona di reazione la quale riceve altro calore da un altro riscaldatore elettrico. Il gas esce dall'alto. La alimentazione del vapore e del cok viene regolata in modo che la velocità di caduta del polverino contro la colonna di gas e vapore ascendente assuma un valore opportuno per assicurare la continuità della reazione. Il generatore funziona in modo completamente automatico. L'A. svolge anche un conto economico circa la convenienza del nuovo procedimento, con particolare riferimento al caso di una città di 100 000 abitanti. Il consumo che, secondo i dati dell'A., sarebbe di almeno 0,59 kg di cok per m³ di gas negli impianti discontinui, si ridurrebbe a 0,33 kg/m³ col nuovo sistema il quale permette anche di usare residui di cok, di costo quindi assai minore di quello in pezzatura ordinaria. Resta da aggiungersi un fabbisogno di 0,9 kWh/m³. Si osserva che un tale impianto rappresenta un utente molto opportuno per le società distributrici di energia avendo una utilizzazione assai elevata, dell'ordine di 7000 ore annue. Qualora non si potesse acquistare l'energia (che per il caso citato è valutata in 3,6 milioni di kWh per anno) si può prevedere la produzione in proprio con centrale termica; fatto il conto del consumo di carbone che occorrerebbe per la produzione dell'energia, risulterebbe pur sempre un risparmio annuo di 760 tonnellate di carbone. Il conto economico torna sempre assai vantaggioso, tenuto conto di tutte le voci di spesa. *Ri*

A. Velisek — **I fondamenti fisici della pompa di calore.** (E. Wirtschaft, 5 luglio 1943, pag. 228 a 237, con 9 figure). **5 f**

L'A. illustra in modo elementare i principi fondamentali della pompa di calore sulla base di semplici diagrammi schematici e delle leggi fondamentali della termodinamica, accennando al ciclo di Carnot e al moto perpetuo di prima e di seconda specie. Illustra poi il principio costruttivo fondamentale della pompa di calore. Un compressore aspira, ad esempio, aria da un sistema a bassa temperatura; essa viene compressa mediante lavoro meccanico e portata così a temperatura superiore e cede poi una parte del suo calore ad uno scambiatore di temperatura inserito nel primo sistema, ad una temperatura superiore; l'aria si raffredda, diminuisce di volume e si espande finalmente alla pressione iniziale restituendo una parte del lavoro consumato per la compressione; l'aria poi ritorna nel secondo sistema, ad una temperatura di pochi gradi inferiore a quella del sistema stesso. Un tale schema però sarebbe poco conveniente e servirebbe soltanto per piccole potenze e per forti differenze di temperatura. Si è allora pensato di suddividere il lavoro di compressione in due parti in modo che il compressore principale consumi soltanto tanta energia quanta ne può venire restituita durante la espansione, producendo l'altra parte in un compressore ausiliario; il compressore principale e la macchina da espansione possono essere collegati senza bisogno di speciale motore di comando e possono essere sostituiti da una macchina unica speciale, detta ruota a celle, in cui si verifica una diretta trasmissione di pressione fra l'aria che si trova in fase di espansione e di compressione. Sia per queste macchine a vapore freddo sia per le pompe di calore vere e proprie di recente costruzione, ha grande importanza la cosidetta costante caratteristica e che è data dal rapporto $e = Q_1/(Q_1-Q_2)$ dove Q_1 rappresenta la quantità di calore che può essere ottenuta ad alta temperatura mediante il lavoro meccanico $A\,L = Q_1-Q_2$ Trascurando le perdite si può anche porre $e = T_1/(T_1-T_2)$. La utilizzazione della energia riuscirà tanto migliore quanto minore è il salto di temperatura T_1-T_2. Per salto da 0 °C a 100 °C la costante e ha valore 3,7 mentre per salto da 15 a 25 °C arriva a 30 e per 10 a 105 °C assume il valore 75. L'A. esamina quali condizioni influiscano sul valore della costante caratteristica e, specialmente riguardo alle variazioni di carico. Sviluppa questo concetto nei riguardi di impianti di riscaldamento con pompa di calore e in funzione dell'andamento della temperatura esterna. In un diagramma sono riportate curve per l'apprezzamento della quantità media di calore e della costante caratteristica in funzione appunto della temperatura esterna. Per climi non troppo rigidi, come quelli dell'Olanda, si possono assumere valori di e compresi fra 7 e 12; vale a dire che per ogni kWh si possono ricavare teoricamente da 6000 a 10 000 calorie. Bisogna però tenere conto dei vari rendimenti che intervengono a diminuire la resa reale; entrano in gioco i rendimenti del motore di comando, del compressore (o della ruota a celle) e del circuito. Per una pompa di calore recente funzionante con gas freon, si è riconosciuto che si può contare su un rendimento pratico complessivo del 48 %; altre esperienze tenderebbero a dare valori minori. *Ri.*

G. Seulen - H. Voss — **Tempra superficiale con riscaldamento a induzione a media frequenza.** (Stahl u. Eisen, 23 dicembre 1943 e 30 dicembre 1943, pag. 929 a 936, e pag. 962 a 965, con 33 fig.). **5 v**

La tempera superficiale ottenuta con riscaldamento a fiamma acetilenica o a gas luce in atmosfera di ossigeno è applicata da molti anni per acciai specialmente a medio tenore di carbonio (circa 0,30 %). Più recente è la realizzazione di tale trattamento mediante riscaldamento elettrico a induzione mediante correnti a frequenza elevata che si localizzano nello strato superficiale del pezzo trattato. Nei pezzi di macchina si vuol ottenere di solito una profondità di tempera di 1 a 30 mm e allo scopo servono frequenze da

Biblioteca nazionale centrale di Roma

600 a 10 000 p/s. Se si vogliono penetrazioni minori di un mm o si devono trattare pezzi molto sottili o di forme speciali, si ricorre a frequenze più alte, da 50 000 a 2 000 000 p/s. Per produrre le frequenze medie si ricorre di solito a macchine ruotanti mentre per le alte frequenze si ricorre a dispositivi con tubi elettronici. Gli AA. illustrano uno schema di impianto: la corrente monofase generata da un gruppo commutatore ruotante viene addotta, attraverso un interruttore e un trasformatore, all'apparecchio di tempera che riunisce il dispositivo di riscaldamento e quello di raffreddamento brusco. In generale la potenza viene applicata mediante chiusura dell'interruttore comandato da un relè a tempo che ne produce poi l'apertura una volta trascorso il tempo stabilito. In parallelo coll'apparecchio di tempera è inserita una batteria di condensatori per elevare il fattore di potenza. Un condensatore in serie serve invece a compensare l'induttanza di fuga della generatrice. Per il riscaldamento si usa corrente a forte intensità con bassa tensione. La costruzione dell'apparecchio temprante varia con la forma dell'oggetto da trattare e della zona da temprare; nel caso più semplice la testa temprante circonda il pezzo come una bobina ad una o più spire; per pezzi di forma particolare anche la testa temprante assume forme opportune per adattarsi alla loro superficie e ricoprirla in tutto o in parte; si possono quindi avere teste tempranti chiuse o aperte. La teoria dimostra che la densità di corrente i_x varia con la profondità x entro il pezzo, rispetto alla densità superficiale i_0, secondo la relazione: $i_x = i_0\, e^{-2\pi\sqrt{\mu f x/\rho}}$ essendo μ e ρ la resistività e la permeabilità del materiale del pezzo e f la frequenza; analoga è la distribuzione della temperatura entro il pezzo stesso che però varia più rapidamente essendo le quantità di calore generate dipendenti dal quadrato della corrente. La profondità di tempera è data dallo spessore entro il quale la temperatura assume valori superiori al punto critico A_3 del materiale, spessore che può essere fatto variare agendo sulla frequenza e sulla intensità i_0. La profondità di penetrazione è fortemente influenzata anche dall'intraferro che rimane fra la testa temprante e la superficie del pezzo e che può assumere valori da 1 a 8 mm. Circa l'esecuzione dell'operazione di tempra si possono distinguere due procedimenti; si può cioè riscaldare, e poi raffreddare, tutta in una volta la superficie da temperare oppure si può procedere alla tempera per successive zone, spostando la testa temprante. La scelta fra i due procedimenti dipende dalla forma del pezzo da trattare e della zona che si vuole temperare. Per superfici molto grandi la tempra in una sola operazione si adatta soltanto in certi casi speciali. Il trattamento per zone esige minore intensità di corrente e quindi permette di sfruttare impianti più modesti, ma richiede più tempo per l'esecuzione. Nei casi più semplici non è necessario compiere alcuno spostamento relativo fra il pezzo da trattare e la testa temprante. Le più diffuse applicazioni della tempera superficiale a induzione sono quelle per la tempera superficiale degli alberi a gomito: le teste tempranti si chiudono a guisa di tenaglia intorno all'albero nel punto voluto; dopo il riscaldamento, attraverso fori praticati nelle stesse teste tempranti si fa pervenire immediatamente il fluido refrigerante per la tempera. Per la tempera di superfici piane le teste tempranti sono formate da sbarre piegate in modo da costituire un circuito chiuso (in cui circola la corrente induttrice) contenuto in un piano e vengono semplicemente applicate sopra alla superficie da temperare. In alcuni casi il pezzo viene, durante l'operazione, mantenuto in rotazione. Questo sistema di tempera ha il grande vantaggio che permette di regolare la profondità, la distribuzione e l'ampiezza della zona temperata. Gli AA. illustrano molti tipi di teste tempranti e riportano alcune sezioni di pezzi temperati le quali dimostrano i pregevoli risultati che si possono ottenere con questo sistema di tempera. *N.*

APPLICAZIONI VARIE.

C. Schiebeler — **50 anni di apparecchi elettrici di sollevamento.** (E. u. M., 12 novembre 1943, pag. 541 a 564, con 77 fig.). **6 c**

L'A. illustrando lo sviluppo storico della tecnica degli apparecchi elettrici di sollevamento, prende le mosse dal primo ascensore per persone costruito nel 1880 da W. Siemens alla esposizione industriale di Mannheim; esso non era sospeso a funi metalliche ma funzionava con ruota ingranante in una asta verticale dentata, ed era azionato da un motore da 2,2 kW. La prima grue a ponte scorrevole elettrica risale al 1885, per una potenza di 2;5 tonnellate; era comandata da un motore unico che azionava mediante funi di cotone tre innesti per l'esecuzione dei tre movimenti fondamentali. Nel 1894 comparve la prima grue a ponte munita di 3 motori elettrici indipendenti. Ma già nel 1890 si erano costruite grue zoppe scorrevoli, per il porto di Amburgo, con motori distinti. Al 1896 risale la prima grue ruotante, a braccio. All'inizio si usava soltanto corrente continua a bassa tensione; così la prima grue di Amburgo era servita a corrente continua a 130 V; lo sviluppo della trazione elettrica fece elevare la tensione di esercizio e presto si usarono, anche per le grue, motori da trazione a 500 V. Si riconobbe però presto la necessità di modificare le caratteristiche costruttive per adattare il motore alle particolari esigenze del servizio. L'A. si diffonde a illustrare i successivi perfezionamenti apportati alla costruzione dei motori da grue a corrente continua. Attualmente si adottano in grande maggioranza motori a corrente alternata. Si cominciarono ad usare tipi ad anelli costruttivamente eguali a quelli per servizio continuo ma si ebbero inconvenienti in causa del piccolo traferro, appena si verificava un piccolo logorio nei supporti. Un grande progresso fu costituito dall'introduzione dei supporti a rulli. Attualmente la maggior parte dei motori in servizio sono normali motori asincroni ad anelli; si usano però anche tipi speciali di motori o allo scopo di semplificare il meccanismo di comando o per migliorare il campo di regolazione; si usano motori con incorporato il freno, o a poli commutabili, o a collettore. Molto discussa fu la questione relativa alla definizione della prestazione da parte dei motori da grue, che funzionano essenzialmente a regime intermittente; l'A. riassume gli studi e le proposte in merito ricordando come l'introduzione del concetto di durata relativa di inserzione abbia dato un nuovo fondamento per la calcolazione e la costruzione dei motori da grue. L'A. si diffonde poi a richiamare la storia della compilazione delle Norme per tali motori. Passa poi a considerare il successivo sviluppo della apparecchiatura di comando; essa era molto semplice nelle prime grue ad unico motore; quando si cominciarono ad adottare motori distinti per i vari comandi si elaborarono dispositivi di comando a commutatore. Si adottarono, poi tipi derivati dai cosidetti controller usati per trazione e l'A. ne illustra i successivi perfezionamenti costruttivi. Altri particolari sono esposti circa i dispositivi automatici di protezione sia per corrente continua sia per corrente alternata, come pure riguardo a tipi di avviatori automatici, di resistenze di avviamento, ecc. Un accessorio importante è costituito dai freni; sono descritti in proposito parecchi tipi di comandi elettromagnetici, di comandi a motore, o elettroidraulici, ecc. Una ampia discussione è svolta intorno ai problemi relativi alla discesa del carico, che sono spesso delicati e difficili e per i quali sono state studiate varie soluzioni; e così pure riguardo a quelli dello spostamento orizzontale delle grue. Sono descritti diversi tipi di interruttori di sicurezza per fine corsa e protezione contro sovracorrente. Speciali esigenze sono presentate dalle grue dei porti le quali hanno molto contribuito a promuovere il progresso di questo ramo della tecnica; l'A. accenna a quanto è stato fatto in merito. In ultimo l'A. espone considerazioni di carattere economico e di esercizio rilevando come il servizio delle grue non sia una utenza gradita per le società distributrici di energia dato che la utilizzazione della potenza installata è bassissima ed anche il fattore di potenza è in generale basso. *N.*

E. Pechal — **Rilievi di esercizio in un impianto di produzione di gas con depuratore elettrico.** (Stahl u. Eisen, 4 novembre 1943, pag. 808 a 812, con 4 fig.). **6 c**

L'impianto consiste di 5 gasogeni a griglia ruotante, di 2,6 m di diametro di camera, distribuiti in due gruppi, uno di 2 e uno di 3 unità. Ogni gruppo è munito di: due preraffreddatori, un filtro per catrame, due raffreddatori tubulari, un filtro d'olio; per servizio comune dei due gruppi sono poi installati 3 compressori per il gas e due ventilatori per aria soffiata sotto la griglia. I filtri per catrame e per l'olio, sono filtri elettrici. Essi vengono alimentati con tensione alternata di 380 V che viene elevata a 50 000 V e trasformata in corrente continua pul-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sante mediante un raddrizzatore tripolare ruotante. L'intensità di corrente richiesta per l'esercizio è da 60 a 90 mA, secondo il carico dell'impianto. Per ogni gruppo di gasogeni è installato un gruppo di raddrizzamento, e i due gruppi sono commutabili su uno o sull'altro gruppo di gasogeni. La corrente viene addotta ai filtri mediante cavi ad alta tensione muniti di dispositivi di protezione contro i sovraccarichi. Per l'aria di alimentazione sotto la griglia dei gasogeni servono due ventilatori da 8000 m³/h a comando elettrico. Il gas, esce dai gasogeni e passa in un ciclone in cui si separano le polveri e i catrami pesanti e si raccoglie in un collettore da cui passa ai preraffreddatori costituiti da una camera cilindrica a pioggia d'acqua. Per ogni gruppo di gasogeni vi sono due preraffreddatori che scaricano in parallelo sull'unico elettrofiltro per catrame. Questo è costituito da una serie di lamiere parallele verticali, collegate a terra, contenute in una camera verticale fra le quali pende un sistema di fili alimentati ad alta tensione, pendenti da sbarre orizzontali superiori e mantenuti tesi da pesi; l'alta tensione arriva alle sbarre attraverso un passante a tenuta di gas e riscaldato per via elettrica. Dal filtro da catrame il gas passa ai raffreddatori tubolari e poi all'elettrofiltro per olio, costruito sostanzialmente come il precedente, ma di dimensioni minori dato il minore volume specifico dei gas raffreddati. Seguono due compressori capaci di 6000 m³/h. Negli elettrofiltri le goccioline sospese di catrame vengono caricate negativamente dalle cariche partenti dai fili ad alta tensione, e si spostano verso le lamiere, messe a terra, contro le quali si scaricano; il catrame liquido cola al basso e si raccoglie in apposito canale. In caso che l'impianto elettrico, per qualsiasi causa cessasse di funzionare potrebbero avvenire degli inconvenienti per ostruzioni di catrame o olio nelle tubazioni; ad evitare ciò provvedono dispositivi di segnalazione di allarme. Nel filtro da catrame il gas ha una temperatura di 100 a 110 °C; se la temperatura si abbassa alquanto sotto tale valore, il catrame non è sufficientemente fluido per scaricarsi con sufficiente rapidità. Quando la produzione del gas raggiunge 5000 m³/h si osservò che si manifestavano oscillazioni nel filtro da catrame con conseguenti scariche che rendevano impossibile l'esercizio. Si ritenne che ciò dipendesse dal fatto che la forte corrente di gas faceva spostare e oscillare i contrappesi che tendevano i fili; ma il fenomeno permase anche dopo aumentati i pesi; si finì col ritenere che l'inconveniente dipendeva da un fenomeno di vento elettrico ma non si è ancora trovata la vera ragione dell'inconveniente osservato a cui fu posto rimedio irrigidendo il sistema di sospensione dei fili, ciò che permise di ottenere un esercizio soddisfacente anche per una produzione di 9000 m³/h. Nel complesso l'impianto si è dimostrato di esercizio sicuro e presenta vantaggi specialmente di grande pulizia. *N.*

Una grue galleggiante da 350 tonnellate comandata elettricamente. (Siemens Zeit., gennaio-giugno 1944, pagina 21 a 22, con 3 fig.). **6 c**

Questa grue gigantesca è stata costruita in Germania durante la guerra. Con una stazza di 5000 tonnellate, una altezza massima di 114 m e una potenza installata di 2650 kVA, essa supera ogni altra grue galleggiante finora costruita. Essa è munita di apparecchio propulsore proprio che comprende tre gruppi elettromotori che possono essere manovrati a distanza dalla cabina di comando con un nuovo sistema di trasmissione senza contatti mobili; manovrando opportunamente i tre gruppi si possono compiere tutti gli spostamenti in ogni direzione. Le dimensioni massime del galleggiante sono 62,5×33×5,2 m; esso pesca, senza carico, 3,1 m. Nella sala macchine principale sono installati 3 gruppi generatori principali da 800 kVA ciascuno, con motori Diesel e alternatori trifasi a 850 V, 50 p/s, connessi alle sbarre principali. Vi sono poi due trasformatori 850/220 V per la rete di bordo. Se gli apparecchi propulsori e la grue sono in riposo, la rete dei servizi di bordo può essere alimentata da un gruppo Diesel-alternatore ausiliario da 225 kVA. Inoltre vi è un altro piccolo gruppo Diesel-elettrico da 14 kVA per i servizi di illuminazione e di piccole pompe. La rete di bordo può anche venire alimentata da terra durante le soste in porto. Due batterie di riserva a 24 V servono per l'illuminazione di soccorso e per l'impianto telefonico. Ogni apparecchio propulsore, tipo Voith-Schneider, che assorbe 540 kVA, è comandato da un motore in corto circuito. Gli apparecchi di sollevamento sono alimentati a corrente continua, per mezzo di un gruppo Leonard che offre le migliori possibilità di regolazione della velocità. Sono installati 10 motori per servizio di grue; 2 argani principali da 175 tonnellate ciascuno; 2 argani ausiliari da 30 tonnellate ciascuno, e uno da 10 tonnellate; vari motori per i diversi spostamenti. La potenza dei motori della grue raggiunge complessivamente 1620 kVA; l'altezza massima di sollevamento dei due argani principali, che possono lavorare insieme, è di 67 m sopra l'acqua e 33 m al di sotto. Durante il funzionamento della grue è in servizio uno dei generatori principali che fornisce energia agli anelli del motore di comando del gruppo Leonard; questo comprende il generatore per gli argani, un secondo generatore per i motori dei movimenti del braccio della grue e una generatrice. I comandi sono tutti effettuati dalla cabina di comando situata a un livello di circa 25 m sul pelo d'acqua. L'A. riporta lo schema generale dei collegamenti elettrici. *N.*

Fr. A. Willers — **Macchine per equazioni differenziali.** (A.T.M., 1943, J. 081-11). **6 b**

Molti problemi tecnici e scientifici portano ad equazioni differenziali o a sistemi di esse, non risolvibili in modo generale; si ricorre allora a metodi di approssimazione numerici o grafici che sono per lo più assai laboriosi. Per evitarli si sono costruite speciali macchine calcolatrici che il loro inventore, V. Bush, chiamò dapprima analizzatori differenziali. I lavori di Bush, cominciati nel 1920, misero capo nel 1930 alla forma definitiva della sua macchina. Essa si compone di vari dispositivi e principalmente di apparecchi integratori con amplificatori di momenti e compensatori e apparecchi per la somma, il prodotto e la trasformazione di funzioni. Il numero dei dispositivi di integrazione conglobati nella macchina definisce l'equazione differenziale d'ordine più alto che può essere con essa calcolata. Sono oggi in servizio parecchie di tali macchine: a Cambridge (U.S.A.) ve ne è una con 6 integratori, a Manchester una con 8 integratori, a Oslo una con 12, ecc. L'A. ricorda che in Germania già nel 1920 era stato costruito da Knorr un apparecchio per una equazione differenziale di secondo ordine di tipo speciale. Da questo dispositivo per successive trasformazioni si giunse ad un tipo recente di macchina della Ditta Otto-Kempe che realizza molte nuove idee; un'altra macchina, del tipo Bush, è costruita dalla Ditta Askania, e un'altra da una Ditta di Danzica. Secondo il sistema Bush le variabili vengono rappresentate da angoli di rotazione di assi ruotanti; questi sono mossi da motorini e vengono variamente accoppiati fra loro mediante altri apparecchi in modo dipendente dalle relazioni stabilite dalla equazione differenziale fra le diverse variabili indipendenti. Le funzioni che entrano nella equazione vengono tracciate su tavole o tamburi e segnate a mano con la matita o mediante un dispositivo elettroottico a cellule di selenio. Il movimento della matita viene trasmesso da un asse alla macchina. Il risultato dell'integrazione viene a sua volta tracciato su altra tavola o tamburo. Le macchine tipo Bush usano come apparecchio integratore il dispositivo a ruote di frizione di Gonella, di cui l'A. illustra il funzionamento: una punta segnando la curva della funzione sposta una rotella di frizione facendo variare la velocità di rotazione dell'asse, perpendicolare, della seconda ruota. Non è però in tal modo possibile trasmettere un momento torcente sufficiente per azionare i meccanismi successivi e si devono perciò introdurre speciali amplificatori di momenti di cui viene descritto il funzionamento; con 2 amplificatori il momento può essere reso 5000 volte maggiore. Questi apparecchi funzionano liberamente quando ruotano in un senso ma il funzionamento in senso inverso richiede l'intervento di speciali dispositivi compensatori. Fanno poi parte della macchina gli apparecchi sommatori per eseguire la somma di due funzioni $f(x)+g(x)$; quelli moltiplicatori, $f(x) \cdot g(x)$, di cui esistono diversi tipi impiegati nelle varie macchine. L'integrazione di un prodotto può essere eseguita senza eseguire prima il prodotto stesso, impiegando due integratori con uno dei quali si eseguisce $G(x) = \int g(x)dx$, e con l'altro: $\int f(x)dG(x)$. Vi è poi una serie di apparecchi per trasformazione di funzioni; la trasmissione del moto dell'asse di un dispositivo a

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quella di un altro avviene, nelle macchine Bush, mediante viti elicoidali, ruote coniche, e assi trasversali; nella macchina di Cambridge vi sono 18 di tali assi trasversali; nella macchina tedesca si sono aboliti gli assi trasversali adottando un sistema elettrico di trasmissione a distanza. Il maggior consumo di tempo è richiesto per le operazioni di impostazione della equazione differenziale sulla macchina, mentre la integrazione vera e propria viene poi eseguita molto rapidamente e, nelle macchine a celle fotoelettriche, in modo automatico. La stessa macchina può anche servire per eseguire l'analisi armonica e per la derivazione di curve. *N.*

CONDUTTURE.

Fr. Marder — **Carico sulle reti per mezzo di cucine elettriche e accumulatori di acqua calda.** (E. Wirtschaft, 5 maggio 1943, pag. 171 a 176, con 10 fig.). **9 d**

L'A. comincia coll'analizzare l'andamento della curva di carico della rete alimentante un sobborgo di Berlino comprendente 586 famiglie che fanno uso di cucine elettriche. Il diagramma ha un andamento diverso nei giorni di festa e in quelli di lavoro. In questi ultimi si nota una certa cuspide al mattino fra le ore 7 e le 8, dovuta alla preparazione della prima colazione e anche a utenza luce; nei giorni di festa, invece, il diagramma sale quasi uniformemente dalle prime ore fino alla cuspide meridiana; questa, che si verifica fra le 12 e le 13, è meno sentita nei giorni di lavoro che in quelli di festa, perchè molti lavoratori consumano la colazione sul luogo di lavoro; invece la cuspide della sera, verso le 19, è più pronunciata nei giorni di lavoro che in quelli di festa. In estate entrambe le cuspidi, meridiana e serale, sono meno pronunciate che in inverno. Per il progetto delle reti bisogna quindi riferirsi al diagramma invernale. Le peggiori condizioni si manifestano nel giorno di Natale; in esso la cuspide meridiana non solo è assai più forte che negli altri giorni di festa, ma dura anche assai di più. Quanto più numerosi sono gli utenti tanto più i diagrammi di carico dei singoli utenti tendono a compensarsi fra loro. La punta di carico delle singole utenze per cucina si aggira su 50 a 60 % della potenza installata; vengono in proposito riportati alcuni diagrammi di carico tipici. Uno di essi si riferisce ad un gruppo di 600 utenti e mette in evidenza come col crescere del numero di questi la punta massima di carico corrispondente in media a ciascuno vada diminuendo da circa 600 a circa 300 W. Supponendo una utilizzazione del trasformatore di alimentazione della rete di distribuzione dell'80 % si può ritenere, secondo i dati dei diagrammi riportati, che con un trasformatore di 200 kW si possono alimentare 500 utenze con 320 W ciascuna; con trasformatore da 160 kW, 360 utenze da 355 W; con trasformatore da 75 kW, 130 utenze da 445 W e con trasformatore da 30 kW, 42 utenze da 570 W. Si vede quindi quale vantaggio si abbia ad installare grosse unità: passando da un trasformatore da 75 kW ad uno da 200 kW si possono alimentare 500 utenze anzichè 130, cioè 3.8 volte di più sebbene la potenza del trasformatore sia aumentata soltanto di 2,7 volte. L'A. presenta anche uno schema di rete per alimentare un gruppo di utenze di questo genere. Per il calcolo delle reti non basta però conoscere soltanto la punta massima di carico perchè, se essa permette di tener conto del requisito di limitare il riscaldamento, non permette di tener conto dell'altro requisito relativo alle cadute di tensione. Infatti nelle utenze domestiche con cucine elettriche la massima punta di carico si verifica verso il mezzodì cioè quando non si ripercuote sulla tensione della rete di illuminazione; perciò si possono permettere cadute di tensioni più elevate. Bisogna quindi caso per caso considerare se la rete deve venire proporzionata per la massima caduta di tensione sopportabile al mezzodì dagli apparecchi di cucina o a quella sopportabile dall'impianto di illuminazione in corrispondenza della cuspide, più bassa, della sera. Per la rete di Berlino risulterebbe che è appunto questa minore cuspide quella che decide. Assai migliori sono i diagrammi di carico delle utenze che hanno anche installato accumulatori di acqua calda; anche a questo proposito vengono riportati molti dati e considerazioni. *Ri.*

H. Meyer — **Stato attuale del problema delle vibrazioni di vecchi conduttori.** (E. Wirtschaft, 5 giugno 1943, pag. 202 a 207, con 9 fig.). **9 c**

Intorno al problema della rottura dei conduttori delle linee aeree in seguito a vibrazioni sono state raccolte molte osservazioni e notizie in Germania e di esse l'A. riferisce. La pratica ha dimostrato che diversi provvedimenti possono essere utili per prevenire il pericolo di tali rotture e cioè: diminuzione della tensione meccanica di tesatura, provvedimento che però naturalmente non può essere preso per i conduttori già in opera; adozione di opportuna morsetteria, leggera, mobile (rotante o pendula); dispositivi di smorzamento delle oscillazioni, di cui esistono molti tipi; contemporaneo rinforzo dei conduttori e smorzamento delle oscillazioni, mediante aggiunta di tronchi di corda ausiliari nelle vicinanze dei morsetti di sospensione. L'A. riferisce in particolare sulle osservazioni raccolte su una rete tedesca vecchia di 20 anni, con corde di rame e di alluminio da 120 mm² o con corde di alluminio da 150 e 185 mm²; le corde di rame sono state tese in modo da realizzare una sollecitazione di 16 kg/mm² a — 5 °C e con carico leggero di ghiaccio; quelle di alluminio per 9 od 8 kg/mm²; le campate variano fra 230 e 250 m; e talvolta anche di più. Un esame portato sui diversi morsetti consentì di verificare che in corrispondenza di circa il 6 % di essi si presentavano segni di rottura nei fili della corda conduttrice; la percentuale era circa eguale per le corde di alluminio che per quelle di rame, però il pericolo è maggiore per le prime perchè in esse la rottura una volta iniziata si estende più facilmente a tutta la corda. In questi casi si manifestò vantaggioso un rinforzo delle corde intaccate mediante una fasciatura e l'aggiunta di una verga metallica nei pressi dell'attacco al morsetto. Si riconobbe inoltre che gli incidenti sono particolarmente frequenti in determinate località o in corrispondenza a determinati pali. Il numero delle rotture per una data linea varia con l'età dei conduttori; numerose osservazioni avrebbero portato a stabilire una relazione del tipo $B = C\,x^n$ per la determinazione del numero di rotture B che si verificano nell'anno x; il coefficiente C è una costante che vale per una data linea; l'esponente n varia assai e l'A. ne riporta alcuni valori per particolari casi; in generale n è maggiore dell'unità e può arrivare a 2,7. Le linee esaminate erano equipaggiate con morsetti di vari tipi ma tutti rigidi e non si è potuto riscontrare una determinata influenza del tipo del morsetto sulla frequenza dei guasti. Nei tronchi equipaggiati più recentemente (cioè da 6 anni) con morsetti mobili non si sono riscontrate rotture di fili delle corde. Pare anche che le rotture siano più frequenti nei conduttori più elevati sul suolo, in ciascuna conduttura. Le osservazioni hanno dimostrato che le oscillazioni non producono in generale incidenti gli isolatori, almeno per quanto riguarda i tipi moderni. Un problema diverso è presentato dalle oscillazioni a bassa frequenza che talvolta si verificano sui conduttori con ampiezze rilevanti. L'A. illustra un caso di questo fenomeno, piuttosto raro, osservato sulla rete di cui si occupa; si trattava di una campata da 239 m con conduttori di rame da 120 mm² che durante 5 ore presentarono oscillazioni con periodo di circa 31 minuti, lunghezza d'onda di circa metà della campata e ampiezza di un metro sopra e sotto della posizione normale. Queste oscillazioni possono divenire pericolose se provocano un avvicinamento eccessivo dei conduttori di linea fra loro. *Ri.*

H. Senn — **Misure di sforzi su modelli meccanici di funi.** (A.S.E. Bull., 23 febbraio 1944, pag. 85 a 90, con 10 fig.). **9 c**

Lo studio delle sollecitazioni che si destano in conduttori di linee aeree o si generano in fili o funi metalliche tese, può essere eseguito sperimentalmente su modelli opportunamente costruiti nei quali tutti i fenomeni e i movimenti avvengono con una ben definita similitudine con quelli sui conduttori reali; le lunghezze, le forze (elastiche, d'inerzia, di gravità) e i tempi, come anche le grandezze derivate (accelerazioni, velocità, energia, ecc.) stanno pure in rapporto preciso con quelli dei conduttori reali. Si possono adoperare, per la costruzione dei modelli, al posto dei conduttori, molle cilindriche scegliendo opportunamente caso per caso lo spessore del filo, e le dimensioni della molla. Si può così studiare l'influenza dei carichi accidentali,

Biblioteca nazionale centrale di Roma

delle cadute totali o parziali di essi, della rottura dei conduttori o degli isolatori, ecc., ottenendo registrazioni fotografiche o cinematografiche dell'andamento dei fenomeni. Mediante l'impiego di leggerissimi condensatori elettrici le cui armature si spostano sotto l'azione delle forze che si vogliono studiare, si possono misurare le forze agenti in un punto qualunque dei conduttori fittizi dei modelli. I condensatori sono inseriti in un dispositivo a ponte ad alta frequenza il quale a sua volta è connesso alle piastre deviantì di un oscillografo a raggi catodici. I condensatori sono di costruzione particolare perchè devono rispondere a molte esigenze: devono essere piccoli e leggeri per non alterare i fenomeni dinamici da misurare; la loro frequenza propria deve essere superiore alla frequenza massima che può verificarsi durante le prove, e, praticamente, superiori a 1000 p/s; le armature dei condensatori devono, per tutto il campo di misure possibili, subire spostamenti inferiori a un mm, per non alterare i fenomeni in corso. Si sono costruiti allo scopo condensatori pesanti meno di 0,15 grammi. Disponendo in un medesimo punto del conduttore modello più di un condensatore di misura si possono misurare anche le componenti degli sforzi secondo varie direzioni. L'A. fornisce alcune notizie anche intorno ai requisiti a cui deve corrispondere il complesso oscillografico-registratore da usare per queste esperienze. Vengono poi riportati, e illustrati mediante oscillogrammi, i risultati di numerose ricerche sperimentali eseguite col metodo accennato. Alcune di esse riguardano la brusca caduta di sovraccarichi di neve o ghiaccio; si è riconosciuto che si manifestano oscillazioni di tipo sinusoidale e che le sollecitazioni massime che ne derivano sui conduttori sono inferiori a quelle che erano precedentemente prodotte dal carico statico in posto sui conduttori. Sollecitazioni notevolmente maggiori si verificano invece nel caso di rottura di qualche catena di isolatori, in modo che due campate contigue si fondano in una sola, nel caso che il conduttore non giunga ad appoggiarsi sul suolo sottostante; si sono riconosciute sperimentalmente in simili casi sollecitazioni dinamiche corrispondenti anche al 400 % di quelle statiche sussistenti prima del guasto; si verificano forti oscillazioni, accelerazioni di 3,5 a 4 m/sec e variazioni di sforzo di 15 a 35 t/sec. Altre esperienze riguardarono la rottura di un conduttore con attacco semplice o doppio a triangolo; si producono forti sollecitazioni dinamiche brusche sulle catene di sospensione, con variazioni fino di 70 t/sec; si verificano sollecitazioni che possono essere da 4,5 a 5 volte quelle esistenti prima della rottura. L'A. riporta parecchi oscillogrammi che illustrano queste e altre esperienze e riporta alcune notizie sui dispositivi pratici per le esperienze e sulla approssimazione raggiungibile che risulterebbe pienamente soddisfacente per tale genere di ricerche. *N.*

A. Bürklin — **Proporzionamento dei blocchi di fondazione dei pali delle linee aeree.** (E. Wirtschaft, 5 giugno 1943, pag. 194 a 198, con 8 fig.). **9 b**

Le fondazioni per i pali delle linee elettriche differiscono dalle comuni fondazioni perchè trasmettono al terreno non soltanto sforzi verticali ma anche sforzi orizzontali e momenti. Secondo le norme VDE i pali in legno, i piccoli pali in ferro e in cemento vengono semplicemente infissi nel terreno per 1/6 della loro lunghezza, con un minimo di 1,6 m. Nel caso di grandi pali in ferro non si può mettere in conto per la resistenza soltanto il peso proprio perchè si arriverebbe a dimensioni proibitive; esperienze hanno dimostrato che si può far conto su un apporto notevole della resistenza laterale del terreno. A tale scopo però si deve ammettere come possibile uno spostamento del blocco di fondazione; generalmente si ammette che esso non deve essere tale che la tangente dell'angolo di inclinazione del blocco superi 0,01. Il palo deve dunque avere un certo grado di stabilità al rovesciamento e non deve superare una certa inclinazione; questi sono i dati fondamentali per il calcolo dei blocchi di fondazione. L'A. osserva essere errato assumere, come si faceva spesso, che quando sia verificata la condizione che l'inclinazione massima sotto lo sforzo massimo non superi 0,01, si possa ritenere che il blocco abbia anche una stabilità al rovesciamento eguale circa a 2; le recenti esperienze hanno dimostrato che la stabilità al rovesciamento dipende dal rapporto fra il lato del blocco (supposto quadrato) e la profondità di interramento; la stabilità è eguale a 2 se tale rapporto è eguale all'unità ma varia inversamente al variare di esso. L'A. riporta una curva che rappresenta valori del grado di stabilità in funzione del momento di rovesciamento agente; le esperienze hanno dimostrato che la condizione che la tangente dell'angolo di inclinazione non superi 0,01 è soddisfatta qualora il grado di sicurezza al rovesciamento sia compreso nei valori di detta curva. Il calcolo del momento resistente del blocco viene fatto tenendo conto della resistenza del suolo sotto la base del blocco e della reazione laterale. Quando non sia noto per precedenti costruzioni il comportamento del terreno, si devono fare i seguenti rilievi: peso specifico del terreno, angolo di attrito r di esso, umidità e stato dell'aves. In generale basta assumere per l'angolo di attrito del terreno valori approssimati e in proposito l'A. riporta una tabella per parecchie qualità di terreni. La resistenza laterale e si può calcolare con la formula di Krey: $e = g \operatorname{tag}^2 (45^0 + 0{,}5\, r)$, in tonnellate. La formula vale per pareti infinite ma nel caso dei blocchi di dimensioni limitate la resistenza è effettivamente maggiore. Per quanto riguarda la resistenza alla compressione, si può assumere la sollecitazione massima ammissibile s' secondo la seguente formula $s' = s + g \operatorname{tang}^2 (45^0 + 0{,}5\, r)$, assumendo per s i valori dati da una tabella riportata dall'A. Al peso del blocco si può aggiungere quello di una piramide di terra le cui dimensioni dipendono da quelle del blocco stesso e dalla profondità delle fondazioni. L'A. riporta parecchi abaci grafici dai quali riesce rapida la determinazione delle dimensioni da dare ai blocchi di fondazione in funzione della profondità, del momento, per un terreno sabbioso. Un altro diagramma mostra la dipendenza fra il volume di calcestruzzo totale e la profondità delle fondazioni. *Ri.*

E. Willers — **Unioni di alluminio e collegamento alluminio-rame nella costruzione dei cavi.** (E. Wirtschaft, 20 marzo 1943, pag. 124 a 126, con 3 fig.). **9**

In tutte le unioni di conduttori in alluminio bisogna tenere presente che il metallo è assai facilmente soggetto alla formazione di ossidi superficiali i quali proteggono bensì l'alluminio contro gli agenti chimici, ma hanno il difetto di essere cattivi conduttori. Nei collegamenti con viti o bulloni si stende sulle superfici di alluminio uno strato di grasso protettivo il quale viene poi spremuto via durante il serraggio del collegamento. Per collegamenti di alluminio occorre che la pressione sia di almeno 50 kg/cm²; le ordinarie viti non sono sufficienti allo scopo e si sono perciò costruite viti apposite in acciaio; siccome l'alluminio cede lentamente sotto la pressione sono necessarie rondelle elastiche o simili dispositivi. Dopo raggiunta la temperatura di regime a carico bisogna ripassare i contatti. L'alluminio, nella serie delle tensioni elettrolitiche, sta, con — 1,45 V, alquanto avanti dal lato negativo. Con contatto con altri metalli (specialmente in pratica con rame e ottone) se vi è presenza di umidità si forma facilmente una coppia di pila che dà luogo a corrosioni di natura elettrolitica. In caso di contatti con altri metalli bisogna quindi evitare l'azione dell'umidità ciò che si può ottenere ricoprendo le superfici esterne del collegamento con speciali lacche. Per il suo basso punto di fusione l'alluminio si presta assai alla saldatura. Si sono allo scopo studiati e proposti diversi procedimenti che l'A. brevemente ricorda. Si usano talvolta forme in lamiera di ferro: i conduttori del cavo messi a nudo vengono introdotti nelle due estremità della forma fino a toccarsi colle loro testate opposte e vengono tenuti centrati nella forma con manicotti di amianto o di tessuto di vetro. Alle due estremità della forma si dispongono degli schermi in lamiera per proteggere i tronchi adiacenti di cavo; la forma termina superiormente in un prolungamento che viene riempito di ritagli o fili di alluminio puro; la forma viene poi riscaldata esternamente con una fiamma di un bruciatore doppio fino a provocare la fusione della massa che viene agitata per provocare la separazione delle scorie dovute agli ossidi o alle impurità presenti sulle superfici da saldare. Si lascia poi raffreddare e si toglie la forma eliminando successivamente il materiale in eccesso. Le testate adiacenti del cavo vengono raffreddate ad acqua. Con questo sistema si possono saldare anche sezioni fino a 300 mm². Con procedimenti analoghi si possono saldare conduttori di alluminio a testate di cavi dello stesso metallo.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Viene anche accennato all'impiego di polveri saldanti per alluminio. Per i collegamenti fra alluminio e rame si usano speciali morsetti costituiti da due pezzi, di rame e di alluminio, saldati fra loro; il pezzo in alluminio si salda alla testa del conduttore di alluminio mentre quello di rame viene collegato, con uno dei soliti modi, al conduttore di rame. Le sbarre piatte di alluminio si lasciano saldare fra loro con facilità purchè siano ben pulite e sopratutto spoglie di grassi; le sbarre con spessore fino a 5 mm vengono saldate di testa, quelle da 5 a 10 mm si saldano con saldature a V e quelle di spessore superiore con saldature a X. Data la grande conduttività dell'alluminio è necessario preriscaldare le sbarre per circa 100 a 150 mm ai due lati della saldatura, fino a circa 450 °C. Speciali dispositivi sono stati studiati per la saldatura dei fili nei cavi telefonici e per unioni di fili di alluminio con altri di rame. L'A. espone molti particolari di procedimento per tutte queste operazioni di saldatura. *Ri.*

ELETTROCHIMICA ED ELETTROMETALLURGIA.

H. Höltje — **Il forno elettrico nella tempera.** (Siemens Zeit., gennaio-giugno 1944, pag. 10 a 20, con 21 figure). 13 d

Le esigenze di guerra hanno reso sempre più importante l'impiego dei trattamenti termici per migliorare le qualità dei materiali metallici. L'A. richiama alcune notizie generali circa la tempera degli acciai; essa si eseguisce per acciai aventi da 0,3 a 1,7 % di carbonio, a temperature fra 850 e 750 °C (per acciai non legati), con raffreddamento rapido sotto il punto di martensite che sta fra 300 e 100 °C; alla tempera si fa seguire spesso un rinvenimento. È importante proteggere il metallo dalle ossidazioni superficiali e si usano allo scopo forni a bagno di sali o forni con atmosfere speciali. I forni elettrici si prestano in modo speciale a questi trattamenti per la buona uniformità di temperatura e la facile regolazione. Un trattamento particolare è quello della tempera superficiale intesa a dare all'acciaio una crosta superficiale dura lasciando dolce il cuore. L'indurimento superficiale si può ottenere col vecchio procedimento della cementazione mediante riscaldamento in ambiente capace di cedere carbonio; si prestano a tale trattamento specialmente gli acciai al Cr-Mo e al Cr-Mn. Si esige che la temperatura durante l'operazione si mantenga assai uniforme nello spazio e nel tempo; i pezzi vengono di solito messi in cassette con la polvere cementante e scaldate in forni elettrici con resistori su tutte le pareti, la suola e la volta; per ottenere ottima distribuzione di temperatura i resistori sono opportunamente distribuiti (più fitti presso la porta ecc.) e divisi in zone servite ciascuna da apposito regolatore di temperatura; vi è anche la possibilità di commutazione stella-triangolo. Si può anche realizzare la cementazione in forni a bagno di sali, di solito miscele di cianuri con altri sali di metalli alcalini. Si possono usare forni a tino con riscaldamento a elettrodi immersi nel bagno; la tensione di esercizio è di 8 a 16 V e perciò il forno è alimentato attraverso un trasformatore-regolatore; per la fusione iniziale del sale è predisposto un apposito organo a resistenza. Gli elettrodi sono disposti in modo che, durante il funzionamento, la corrente passa quasi esclusivamente dagli elettrodi alla parete del tino senza che i filetti di corrente invadano la zona di lavoro e ne siano influenzati i pezzi in lavoro; la distribuzione della temperatura nel bagno è assai uniforme e gli scarti non superano 2÷3 °C. Un trattamento di indurimento superficiale è anche quello della nitrurazione mediante riscaldamento in atmosfera di ammoniaca, a circa 500 °C; la solubilità dell'azoto nell'acciaio è assai piccola e il trattamento richiede molto tempo; la penetrazione è di frazioni di millimetro; per ottenere risultati soddisfacenti la temperatura deve essere mantenuta costante con oscillazioni non superiori al 5 %. Anche per la nitrurazione sono molto diffusi i forni elettrici a muffola, con doppia sorveglianza e regolazione della temperatura: entro la muffola e ai resistori esterni. Un trattamento particolare di tempera superficiale è quello con riscaldamento localizzato, a induzione: il pezzo viene portato in un campo elettromagnetico alternativo in modo che negli strati superficiali del pezzo stesso si generano correnti indotte che producono il riscaldamento: questo avviene in un tempo assai breve perchè il calore si genera entro il pezzo stesso e precisamente, per l'effetto pellicolare, soltanto nelle zone superficiali lasciando il cuore freddo; lo spessore di trattamento dipende dalla frequenza. Secondo i pezzi da trattare bisogna regolare la potenza e la frequenza applicate. Per pezzi di dimensioni rilevanti e penetrazioni notevoli si usano induttori con espansioni polari di forma opportuna, a frequenze medie, fino a 10 000 p/s, ottenute con convertitori ruotanti; pezzi piccoli si trattano con campi generati da bobine, a frequenze elevate (da 50 000 a 1 000 000 p/s) ottenute con circuiti a tubi elettronici. Con questo trattamento i pezzi non si deformano e non richiedono in generale di essere ulteriormente rettificati; non si hanno fenomeni di decarburazione; il trattamento richiede pochissimo tempo. I pezzi trattati con la cementazione richiedono poi di essere ancora temperati; spesso si compie una doppia tempera o trattamenti termici complessi dei quali l'A. riporta qualche esempio illustrando gli impianti relativi di forni elettrici; in generali trattamenti di questo tipo richiedono l'impiego successivo di vari forni di diverso genere: a resistori, a bagni di sali, a convezione forzata, secondo le temperature in gioco e le esigenze di tensione e di regolazione. I forni a convezione forzata si adoperano di solito per temperature fino a 700 °C circa. Particolare importanza assumono i trattamenti termici per gli utensili; si usano a tali scopi molti tipi di forni elettrici; le temperature di trattamento sono spesso elevate, anche dell'ordine di 1200 a 1300 °C; il riscaldamento deve essere in generale eseguito in più stadi successivi, ad esempio prima in forno a convezione fino a 400 °C, poi in forno a resistori a camera fino a 900 °C e finalmente un riscaldamento rapido in bagno di sali fino a 1250 °C circa; dopo la tempera occorre ancora un rinvenimento verso i 520÷570 °C; le temperature di trattamento devono essere rigorosamente osservate e non sono ammesse deviazioni maggiori di 10 a 15 °C. Anche qui vengono usati per le varie operazioni forni elettrici di diversi tipi alcuni dei quali vengono dall'A. illustrati in modo particolare. *N.*

IMPIANTI.

La centrale sul Rio Negro, una fornitura consorziale tedesca. (E. Wirtschaft, 5 maggio 1943, pag. 177 a 182, con 6 fig.). 20 i

Nel 1937 venne affidata ad un gruppo di case tedesche la costruzione completa del nuovo impianto sul Rio Negro a Rincon del Bonete nell'Uruguay. Il Rio Negro ha una lunghezza di 850 km; con un bacino idrico complessivo di 62 000 km² di cui allo sbarramento vengono utilizzati 38 000 km². Le precipitazioni atmosferiche annue sono di circa 1100 mm. Allo sbarramento la portata minima è di 22 m³/sec, quella media è di 444 m³/sec e la massima piena è stata di 5400 m³/sec negli ultimi 23 anni, mentre è registrata una piena catastrofica di 9000 m³/sec. La diga di sbarramento è stata costruita 250 km a nord di Montevideo ed ha una lunghezza di 1170 m; il lago formato si estende per 140 km a monte, e l'invaso utilizzabile arriva a 7,4 miliardi di m³. L'altezza massima della diga arriva a circa 40 m. La presa è fatta attraverso la diga con 4 tubazioni da 7 m di diametro, lunghe 42,30 m. La centrale è situata sulla destra del fiume immediatamente a valle della diga; il salto varia fra 16,7 e 32 m. Si sono adottate turbine Kaplan a 136 giri/min, con diametro della girante di 5 m. Ogni turbina utilizza una portata di 160 m³/sec con una potenza di 55 000 kW di cui in un primo tempo si utilizzeranno solo 32 000 kW. Infatti le turbine sono accoppiate a alternatori da 32 000 kW, cos $\varphi = 0{,}8 \div 1$, a 7 kV, 50 p/s; ogni gruppo porta coassiale una eccitatrice principale e una ausiliaria. Sono installati 4 gruppi e corrispondentemente la centrale è costruita in 4 blocchi distinti poggianti su una unica piattaforma di calcestruzzo. Il peso dei generatori è riportato, mediante un anello portante, sulle fondazioni. Gli alternatori sono a 44 poli, 136 giri/min, previsti per una velocità di fuga di 330 giri/min e possono fornire il momento dinamico necessario per la regolazione della turbina, che è di 6100 tonn m²; per ridurre il peso della macchina si è adottato un diametro del rotore di 7400 mm. La eccitatrice principale ha il giogo laminato allo scopo di ottenere la minima costante di tempo possibile ed è munita di poli ausiliari, come la eccitatrice secondaria. Questa ha anche delle prese

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mediante le quali è possibile derivare una corrente alternata a bassa frequenza (13,6 p/s) per alimentare il motorino sincrono del pendolo del regolatore della turbina (0,25 kW). La tensione è regolata automaticamente per ogni gruppo mediante regolatori Thoma disposti in modo che la tensione ai morsetti aumenti coll'aumentare del carico così da poter mantenere costante la tensione alla estremità ricevente della linea. Ogni alternatore è collegato direttamente a un trasformatore trifase 32/32/10 MVA, 7/177/6,3 V. Lo schema è tale che due alternatori funzionano sempre su una metà delle sbarre alimentando una linea in partenza. Dalle sbarre a 6,3 kV sono derivati i trasformatori per i servizi e sarà poi alimentata la futura rete di distribuzione a 63 kV attraverso una sottostazione prevista nelle immediate vicinanze. Per la protezione contro archi a terra sono installate: in centrale una bobina proporzionata per una corrente di 140 A di cortocircuito a terra di una linea; nella cabina ricevente di Montevideo, un'altra bobina analoga. La linea, lunga 250 km fra la centrale e Montevideo, ha un carico capacitivo di 17 MVA per ogni terna, quindi complessivamente 34 MVA; corrispondentemente sono installate in centrale 4 bobine compensatrici da 5 MVA e altre 3 eguali a Montevideo. Il quadro principale è installato in prolungamento della centrale. La cabina di trasformazione è invece situata immediatamente a valle della centrale su una piattaforma di calcestruzzo. Gli interruttori a 170 kV sono del tipo pneumatico ad espansione e comandati a distanza. *Ri.*

MOTORI PRIMI.

H. Melan — **Nuovi sviluppi nella costruzione delle turbine ad alta pressione.** (E. Wirtschaft, 5 giugno 1943, pag. 207 a 211, con 12 fig.). **30 d**

La pratica ha dimostrato che vi deve essere, per la convenienza economica di un impianto di turbine a vapore, una certa relazione fra la pressione massima del vapore e la quantità di vapore consumato ogni ora; da parecchi anni si riteneva che il rapporto fra pressione, in atmosfere, e quantità oraria di vapore, in tonnellate, dovesse essere almeno eguale all'unità. L'A. assume invece come indice significativo di un impianto il valore $X_m = (P_1-P_2)/DH_0$ dove P_1 e P_2 sono le pressioni all'inizio e alla fine (kg/m²), D è la quantità di vapore (ton/h) e H_0 è la caduta adiabatica (cal/kg). Come è noto, con la adozione di pressioni molto alte si impone la necessità di adottare temperature iniziali di vapore pure molto elevate, per evitare eccessiva umidità del vapore negli ultimi stadi della turbina; fino a poco tempo fa si riteneva come limite massimo ammissibile per tale umidità il 10 %; con i più recenti metodi costruttivi si può arrivare anche a 13 e 14 % e secondo nuove esperienze anche a 15 %. Le condizioni iniziali del vapore sono quindi limitate dalla massima umidità finale tollerabile, poichè con la temperatura non possiamo attualmente andare molto oltre i 500 °C. Per pressioni altissime si impone quindi il surriscaldamento intermedio; tale artificio si dovrebbe adottare per impianti oltre 125 atmosfere. Mentre il problema di aumentare la temperatura iniziale è essenzialmente di materiali, quello di aumentare il grado tollerabile della umidità finale è in gran parte costruttivo. Vi sono in proposito due direttive da tenere: studiare quali fattori influiscano sulle corrosioni delle ultime palette delle turbine; analizzare a fondo i fenomeni da cui dipende la diminuzione di rendimento con vapore umido. In proposito l'A. espone qualche cenno rilevando come, con una costruzione bene studiata delle palette, sia possibile ridurre tali fenomeni dipendenti in gran parte dagli urti delle goccioline di acqua. Un problema che si impone al costruttore di turbine è quello della regolazione delle macchine destinate a produrre energia elettrica. Inoltre nei moderni impianti termoelettrici che hanno anche funzione di centrali di punta, bisogna costruire la turbina in modo che abbia rendimento elevato anche ai carichi ridotti rispetto alla potenza massima. Questo studio e la determinazione delle condizioni di massimo rendimento viene condotto in base ai diagrammi di frequenza dei carichi e l'A. dimostra come si possa procedere per via grafica. Spesso per sopperire ai forti sovraccarichi si ricorre alla introduzione di vapore in vari punti della turbina durante la espansione. Per il rendimento complessivo dell'impianto ha importanza anche il consumo a vuoto ed è noto che turbine a molti stadi, necessari per raggiungere un buon rendimento, hanno perdite a vuoto maggiori che quelle a pochi stadi. L'A. accenna poi alle turbine radiali delle quali richiama le principali caratteristiche costruttive e funzionali mettendone in evidenza alcuni vantaggi specialmente nei riguardi della elasticità del corpo della turbina, che permette di seguire più facilmente le brusche variazioni di temperatura e le forti oscillazioni di carico. In ultimo espone qualche cenno sulle apparecchiature di comando e regolazione. *Ri.*

CRONACA TECNICA

APPLICAZIONI AGRICOLE.

4 Di un impianto di **essiccatoio elettrico per erba** è fatto parola in « E. Verwertung (1944-45, N. 1-3, pag. 27). Esso ha una potenza impegnata di 661 kW dei quali 585 kW per il riscaldamento e 76 kW per i motori dei servizi. Diagrammi di carico riportati dimostrano come sia possibile, con una buona organizzazione ottenere diagrammi giornalieri molto uniformi. La utilizzazione annua dell'impianto varia di anno in anno secondo le vicissitudini del raccolto di foraggi. L'essiccatore è alimentato a 500 V da un trasformatore 9000/500 V, 640 kVA. Nel primo anno di installazione (1941) le ore di utilizzazione annue furono soltanto 508 e si ebbe un consumo di 335 920 kWh per 526 229 kg di erba fresca corrispondente a 91 332 kg di erba secca; consumo unitario di 0,753 (pari a 647 calorie) per ogni kg di acqua evaporata. Nel 1942 l'utilizzazione salì a 1392 ore, con un consumo di 919 820 kWh per 1 414 223 kg di erba fresca, pari a 253 516 kg di erba secca; consumo unitario 680 calorie per kg di acqua evaporata. Nel 1943, con una utilizzazione di 895 ore si ebbe un consumo di 467 800 kWh per 680 105 kg di erba fresca e 122 209 kg di erba secca (722 calorie per kg di acqua evaporata. *N.*

STATISTICA.

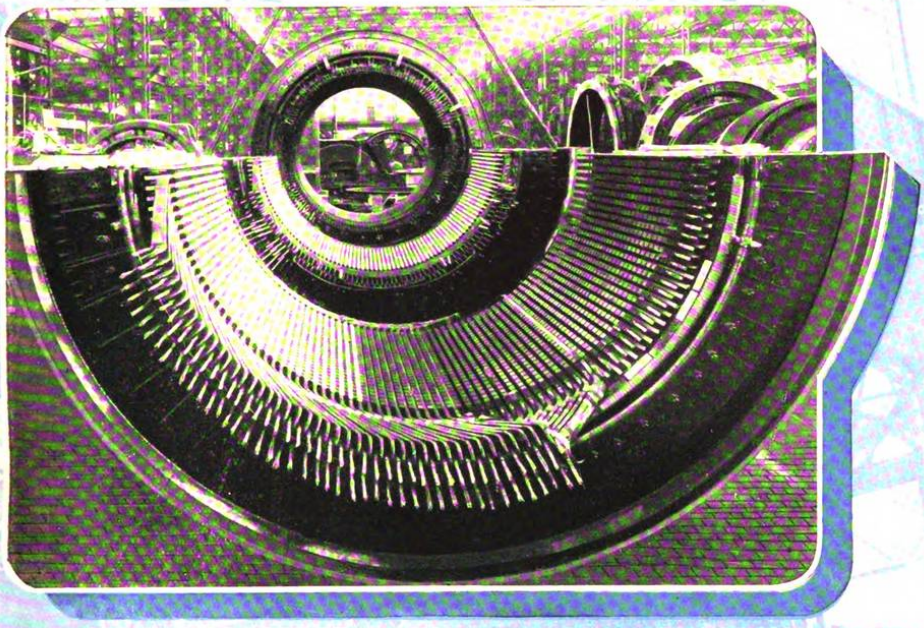
36 Sull'**andamento del consumo di energia elettrica nella Svizzera** in relazione alle contingenze di guerra sono fornite notizie in « E. Verwertung » (1943-44, N. 2-3, pagina 32 a 41). I diagrammi relativi mettono in evidenza il rapido incremento di sviluppo verificatosi a partire dagli anni 1936-37. Nel 1907 furono forniti alle industrie elettrochimiche ed elettrometallurgiche 231 milioni di kWh dalle centrali pubbliche e 578 milioni dalle centrali industriali; nel 1942 tali industrie assorbirono punte mensili perfino di oltre 70 milioni di kWh; si manifesta però spiccatamente il carattere stagionale dell'utenza; all'incirca eguale è stato il consumo di energia per le altre industrie in generale; la punta mensile massima complessiva per tutti gli usi industriali (escluse le caldaie elettriche) è stata, nel 1942, di circa 150 000 milioni di kWh. L'industria svizzera ha circa 700 impianti di forni elettrici con complessivi 1600 forni per una potenza di 130 000 kW. Il numero dei motori installati è di circa 175 000 per una potenza di 700 000 kW, cioè circa 4 kW in media. Il consumo di energia ha presentato, dal 1938 al 1942, un aumento di circa 70 %, la maggior parte del quale dovuto alle applicazioni elettriche. *N.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

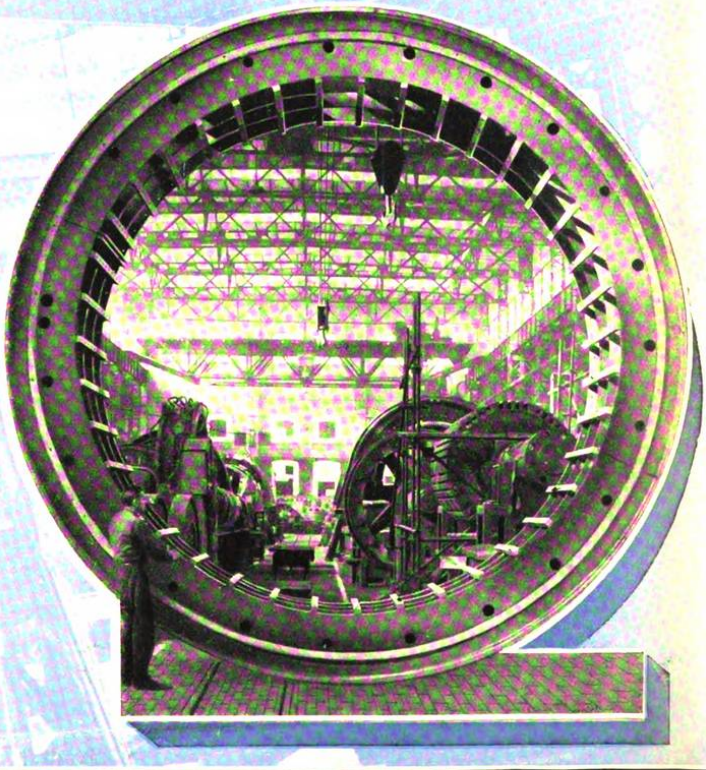
38 v Notizie sui **consumi di energia elettrica da parte dell'Amministrazione dei telefoni svizzeri** sono fornite in « E. Verwertung » (ottobre 1944, pag. 187). Una comunicazione telefonica della durata di 3 minuti, su una media distanza, richiede circa 0,01 kWh; in tale valore è compresa anche la parte aliquota dei consumi dell'Amministrazione per i servizi generali (illuminazione, riscaldamento ecc.). Nel 1942 l'Amministrazione ha consumato complessivamente 6×10^6 kWh. Questo consumo rappresenta il 43 % dei consumi totali di energia elettrica dei Servizi postali svizzeri, che ammonta a circa 14 milioni di kWh nel 1942. Di tale consumo il 36,6 % è dovuto alle 4 grandi stazioni di radiodiffusione, il 2,1 % ai servizi telegrafici, il 5,8 % alla telediffusione su linee telefoniche, il 13,3 % ai servizi generali di riscaldamento e illuminazione. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

IMPORTANTI COSTRUZIONI DELLA C.G.E.
NEL CAMPO DELLA CORRENTE ALTERNATA



Statori di alternatori ad asse orizzontale da 26000 kVA, 42/50 Hz, 504/600 giri min. (3 unità).



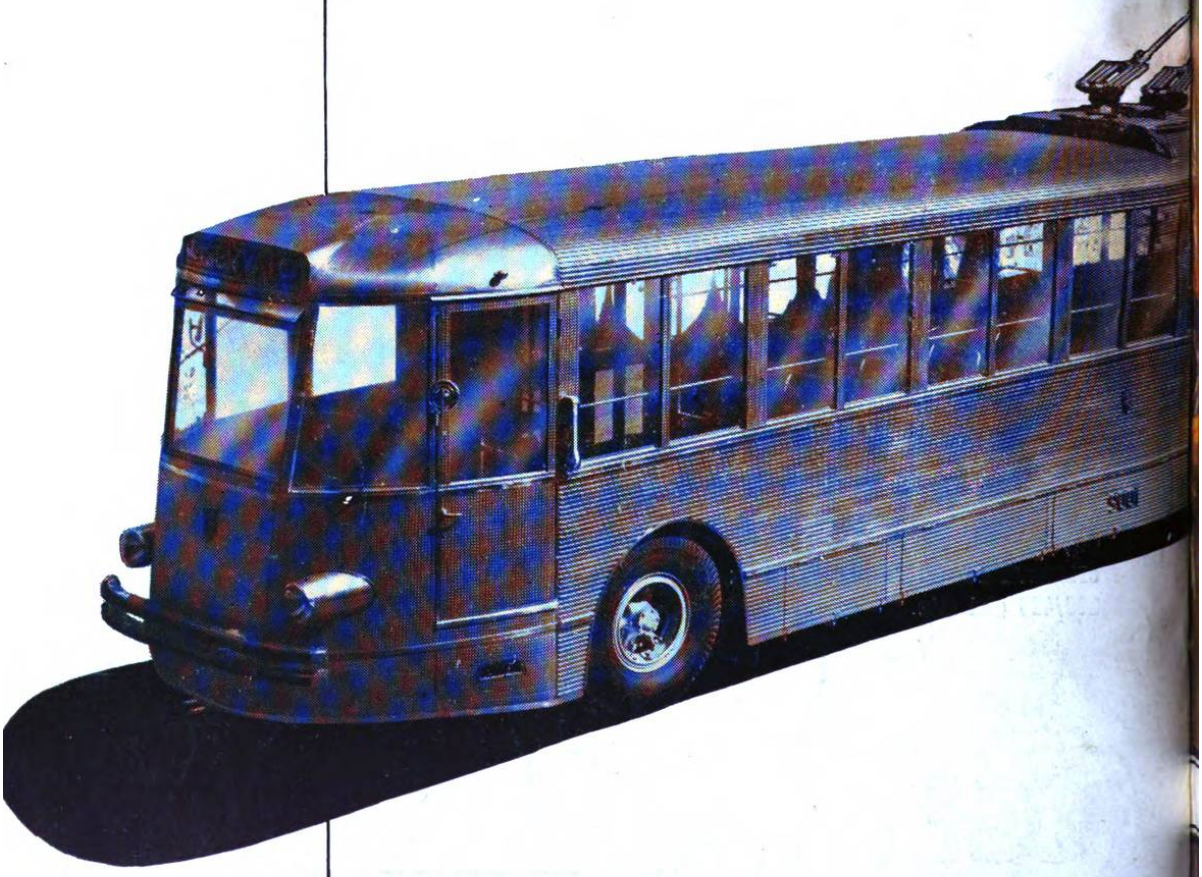
Carcassa di alternatore ad asse orizzontale da 35000 kVA, 42/50 Hz, 360/428 giri min.

CGE

SOCIETÀ ITALIANA PER LE COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

FILOBUS A 3 ASSI - 130 POSTI - PER L'A.T.A.G. - ROMA - CON EQUIPAGGIAMENTO DI COMANDO AUTOMATICO ELETTROMAGNETICO A COLLETTORE ANSALDO TIPO "CMF"



ANSALDO

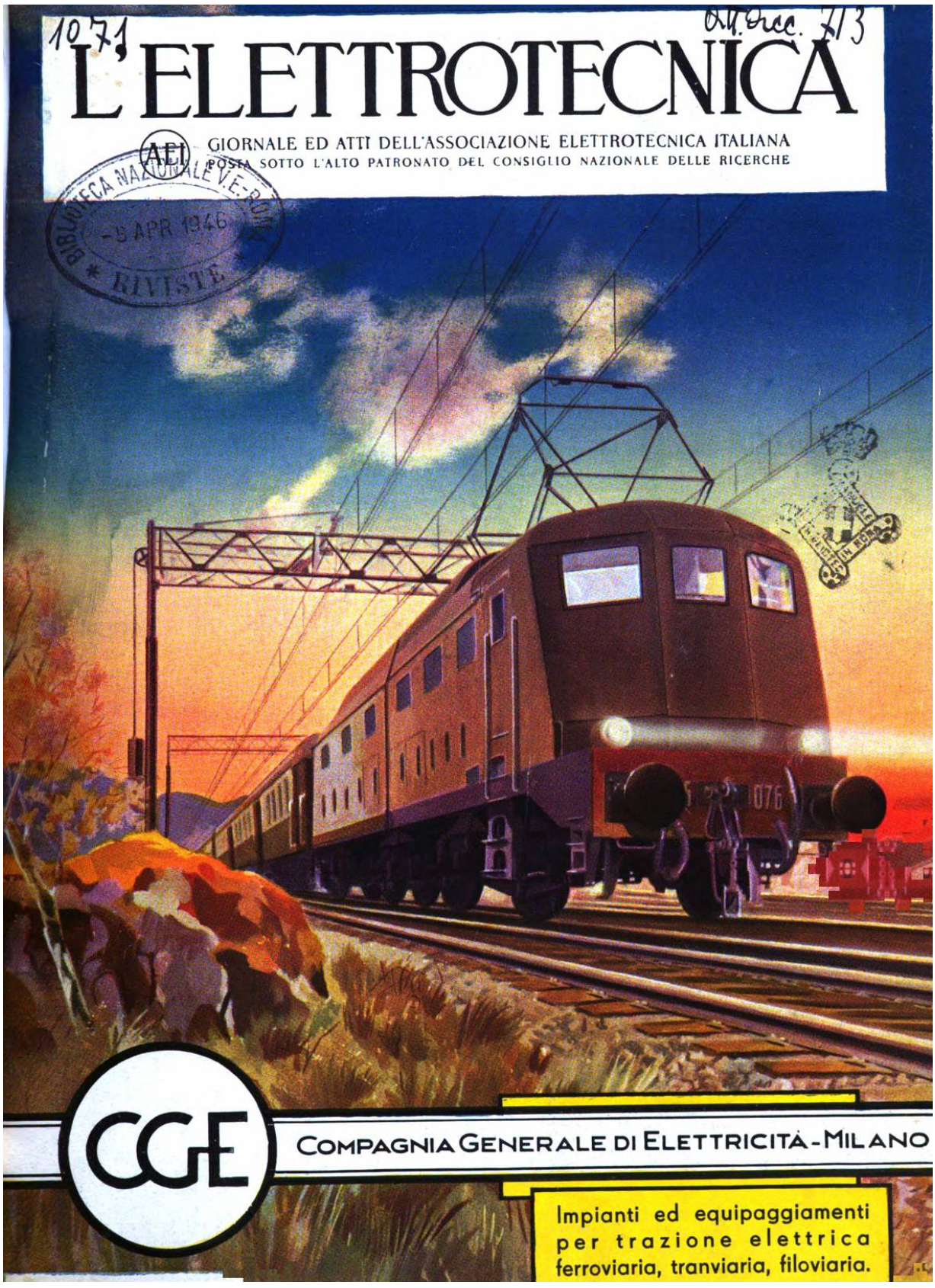
Biblioteca nazionale centrale di Roma

1071 Ott. Orc. 7/3

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE V.E. ROMA
- 5 APR 1946
* RIVISTE *



CGE
COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO
Impianti ed equipaggiamenti per trazione elettrica ferroviaria, tranviaria, filoviaria.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Maggio 1945 N. 5
Pubblicato il 5 Settembre 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA – U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE { R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO – F. NERI - G. SILVA, REDATTORI – M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. – MILANO – VIA SAN PAOLO, 10 – TEL. 13-713 – C/C POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI – GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE

SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. – IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,–; PER I NON SOCI L. 50,–.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Sulle protezioni degli alternatori e dei trasformatori (A. SALMOIRAGHI) . . . Pag. 102
Contributo alla teoria ed alla calcolazione degli ohmmetri (G. RUTELLI) . . . » 114
Lettere alla Redazione: Una ferrovia metropolitana di cintura in sostituzione della filovia circolare esterna (C. E.) (E. SEASSARO) . . . » 120
— A proposito del Ferrital (R. DEAGLIO) . . . » 121

Notizie dell'Associazione:
Seduta straordinaria del Consiglio Generale . . . Pag. 121
I risultati del referendum . . . » 121
Notizie della Sezione di Milano . . . » 122
Necrologio: Dott. Ing. Luigi Bosone . . . » 124

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . » 37 D
Cronaca Tecnica . . . » 44 D

L'esito del referendum ed il prossimo Consiglio generale.

Riportiamo nella parte ufficiale di questo fascicolo i risultati dello scrutinio svoltosi regolarmente il 31 agosto u. s. Come era da prevedersi il voto per il ritorno allo spirito dell'antico Statuto ha avuto praticamente l'unanimità dei suffragi, mentre, con votazione che si potrebbe dire plebiscitaria, i Soci hanno riconfermato la loro fiducia nel Presidente generale Semenza e nei Vice Presidenti Focaccia e Marin, che nominati, com'è noto, nella primavera del 1943, non poterono, per forza maggiore, dedicarsi a nessuna delle normali attività della nostra Associazione e dovettero, per contro, lottare contro le gravi difficoltà di carattere finanziario derivate dalla situazione generale del Paese.

Riportiamo più avanti anche l'o.d.g. del Consiglio Generale convocato a Milano per il 10 corrente. Sarà una seduta di eccezionale importanza che dovrà prendere in esame i risultati del *referendum* in relazione alla posizione giuridica, ancora non bene definita, della nostra A.E.I. nei confronti del Ministero e del Consiglio Nazionale delle ricerche, e, soprattutto, dovrà affrontare il grave problema della sistemazione del bilancio sociale, studiando i provvedimenti da sottoporre alla Assemblea dei Soci che sarà convocata al più presto. Ci auguriamo che Consiglio ed Assemblea possano raccogliere un largo numero di Consiglieri e di Soci, ben adeguato all'importanza delle deliberazioni che dovranno essere prese.

Per una ripresa delle Riunioni annuali.

Com'è noto, dopo la XLVI riunione annuale tenutasi ancora con grande concorso di partecipanti e con ottimo successo tecnico, a Firenze nel maggio 1942, i soci dell'A.E.I. non hanno più avuto la possibilità di riunirsi in uno di quei convegni annuali, che, se davano ampia e simpatica occasione di intrecciare nuove amicizie e di rinsaldare le antiche, portavano sempre un notevole contributo allo sviluppo tecnico del nostro Paese, con l'ampia disamina e con una accurata messa a punto dei problemi d'interesse generale messi all'ordine del giorno della riunione.

La Presidenza Semenza, entrata in carica nella primavera del 1943, si propose subito di indire la XLVII riunione annuale nell'autunno a Montecatini, per trattarvi dei problemi relativi alle macchine elettriche ruotanti, attuando così in parte almeno il programma, suggerito nelle precedenti riunioni, di una completa trattazione delle costruzioni elettromeccaniche. Gli eventi dell'estate e sopratutto quelli derivati dall'8 settembre impedirono naturalmente lo svolgimento del programma. Ma poichè buon numero di colleghi volenterosi avevano intanto predisposto relazioni e memorie sul tema della mancata riunione, la Presidenza, incoraggiata dal successo di molte sedute indette dalla Sezione di Milano, pensò di poter invitare i consoci ad una serie di sedute tecniche da tenersi a Milano e forse anche a Torino, per discutere le memorie già pubblicate sulla Rivista e quelle altre che potessero essere nel frattempo approntate. Sarebbero state, naturalmente, riunioni a scartamento ridotto, frequentate pressochè esclusivamente dai soci residenti in Milano o nelle vicinanze; ma esse avrebbero potuto in qualche modo tener viva una delle più belle tradizioni del nostro Sodalizio. L'iniziativa fu questa volta stroncata dalla rapida e fortunata fine della guerra. Dato che la prima delle sedute avrebbe dovuto tenersi ai primi di maggio, fu spontaneo il pensare che, con un ulteriore rinvio di qualche mese, sarebbe stato forse possibile dare un più ampio respiro all'iniziativa e riprendere — sia pure con le inevitabili limitazioni imposte dai tempi — l'interrotta serie delle riunioni annuali. Della questione si occuperà il Consiglio generale nell'imminente seduta, talchè potremo dare presto ai Consoci più precise notizie della futura riunione che avrà necessariamente un carattere del tutto particolare, in relazione all'eccezionale periodo di transizione che stiamo attraversando. I problemi delle costruzioni elettromeccaniche sono e saranno più che mai di attualità nel prossimo futuro con l'auspicata ripresa generale delle industrie di pace. Ma i disastri e le rovine dovute alla guerra hanno reso di urgente attualità una quantità di problemi di cui un congresso di elettrotecnici non potrebbe non interessarsi: dai dati statistici sulla ridotta efficienza dei nostri impianti e delle nostre reti, ai provvedimenti di fortuna già presi o da prendersi per rimettere in efficienza al più presto quanto non fu completamente distrutto, ed ai programmi organici per una migliore ricostruzione di quello che più non esiste del tutto.

Se così parlando si è particolarmente indotti a pen-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sare alla grande industria elettrotecnica, non si deve dimenticare quanto abbiano sofferto anche le nostre reti ed i nostri impianti di comunicazioni elettriche, cosicchè è da augurarsi che anche di essi ci si possa occupare nella futura riunione, ristabilendo così la bella tradizione per cui, già da molti anni, i nostri congressi erano sempre divisi in due sezioni dedicate rispettivamente alle cosidette correnti forti ed alle deboli.

Guerra e progresso tecnico.

Di fronte ai danni incommensurabili, materiali e, soprattutto, morali, causati dalle guerre moderne, ognuna delle quali fa regredire di decenni, se non di secoli, la nostra civiltà intesa nel suo senso più umano, sta, unico modestissimo compenso, il notevole progresso di molti rami della tecnica derivato dalle assillanti necessità belliche. Compenso che, naturalmente, potrà diventare effettivo solo quando i progressi compiuti per infliggere sempre maggiori danni al nemico, potranno essere rivolti al miglioramento dell'industria di pace e, conseguentemente, del generale benessere.

A prescindere dal vero « colpo di scena » dovuto alla comparsa della bomba atomica, quali siano stati i progressi compiuti dall'elettrotecnica durante questi cinque anni disastrosi, non ci è ancora dato di sapere, e molti veli non potranno essere sollevati tanto presto. Anche di quel poco che avrà potuto affiorare nella stampa tecnica degli altri Paesi nulla possiamo sapere e molti mesi certamente dovranno ancora passare prima che sia possibile ricostituire le collezioni delle riviste straniere, interrotte dallo scoppio della guerra. Ma è probabile che parecchi nostri colleghi si siano trovati, durante questi ultimi anni, in condizione di conoscere molto di quello che si è fatto e che si trovino oggi in grado di poter dare qualche notizia dei progressi tecnici di cui furono partecipi. Ad essi rivolgiamo qui viva preghiera, a nome dei nostri lettori, di volerci dare, nella forma che riterranno più opportuna, tutte quelle informazioni che è in loro potere di rendere pubbliche. È da augurarsi che, nelle riunioni annuali dei prossimi anni si possano istituire rassegne sistematiche dei progressi che, derivati dalla guerra, possono beneficamente influire sui diversi settori dell'elettrotecnica; ma intanto anche notizie monche e sporadiche saranno assai gradite dai nostri lettori.

Protezione di macchine.

La tecnica moderna ha approfondito lo studio dei sistemi di protezione del macchinario elettrico allo scopo sia di assicurare la continuità di esercizio anche nella eventualità del verificarsi di condizioni anormali interne od esterne, sia allo scopo di garantire il più possibile la integrità del macchinario stesso.

La molteplicità degli incidenti che possono avvenire in servizio hanno richiesto lo sviluppo di una vasta serie di dispositivi diversi intorno ai quali si è esercitata la ingegnosità di tecnici e di costruttori. Nuovi perfezionamenti vengono continuamente apportati per rispondere in modo sempre più preciso alle esigenze degli impianti moderni.

L'ing. A. SALMOIRAGHI riassume oggi in un quadro sintetico lo stato attuale di questo ramo della tecnica accennando ai più recenti progressi.

Ohmmetri.

L'ing. G. RUTELLI espone una teoria dei circuiti ohmmetrici in base alla quale, con interessanti interpretazioni geometriche, è possibile analizzare il funzionamento di essi e trarne direttive utili per la progettazione e la costruzione. Segnaliamo l'articolo all'attenzione dei costruttori di questi apparecchi di misura.

LA REDAZIONE

SULLE PROTEZIONI DEGLI ALTERNATORI E DEI TRASFORMATORI

A. SALMOIRAGHI

Comunicazione tenuta alla Sezione di Milano l'8 febbraio 1945

I dispositivi di protezione degli alternatori e dei trasformatori, se si tralascia di considerare quelli che intervengono per anormalità non propriamente di carattere elettrico (come la mancanza di circolazione del mezzo refrigerante o, per gli alternatori, eccessi di temperatura nei cuscinetti e così via), si possono ordinare in tre gruppi: protezioni contro i sovraccarichi, contro le sovratensioni, contro i contatti fra le spire o a terra. Gli organi sensibili dei dispositivi di protezione dovranno determinare, secondo i casi, o la semplice segnalazione dell'anormalità, o la diseccitazione della macchina, il suo distacco dalla rete e, per gli alternatori, la chiusura dei condotti d'immissione dell'aria di ventilazione e l'eventuale apertura delle bombole d'anidride carbonica o di un altro gas atto a soffocare un principio di incendio, infine l'arresto del gruppo.

Qui sono passate brevemente in rassegna le protezioni contro i sovraccarichi e contro le sovratensioni e i diversi sistemi di diseccitazione; sono invece considerati più in dettaglio gli schemi d'inserzione degli organi sensibili delle protezioni contro i contatti fra le spire o la terra, con particolare riguardo alla selettività.

PROTEZIONE CONTRO I SOVRACCARICHI.

Negli alternatori di una certa importanza, per avere la misura della temperatura degli avvolgimenti e poter così intervenire quando il carico stesse per compromettere l'isolamento, si possono disporre rivelatori termici, costituiti essenzialmente da un elemento resistente, il più possibile vicino al conduttore termicamente più sollecitato dell'avvolgimento, compatibilmente con l'isolamento, e avvertirne la variazione di resistenza con la temperatura mediante un opportuno dispositivo di misura. Il metodo, per essere applicato, richiede che sia già previsto in sede di progetto della macchina; l'indicazione della temperatura segue poi sempre con un certo ritardo il suo stabilirsi nell'avvolgimento, a causa dello stesso spessore isolante fra elemento resistente e avvolgimento, dovuto all'isolamento verso massa. Per le tensioni normali degli alternatori il metodo è applicabile; per gli avvolgimenti dei trasformatori esso trova più difficile impiego.

Una soluzione generale e che evita ogni particolare accorgimento costruttivo dell'oggetto protetto è quella che si basa sul moderno concetto dell'immagine termica; si tratta di realizzare un relè il cui organo sensibile, percorso da una corrente eguale o proporzionale a quella che percorre l'oggetto, raggiunga in ogni istante sovratemperature pure eguali o proporzionali a quelle dell'oggetto stesso; l'essenziale è che relè ed oggetto si riscaldino e si raffreddino con la medesima velocità o, più precisamente detto, secondo la stessa costante di tempo. E poichè il riscaldamento degli alternatori e dei trasformatori, come del resto quello dei motori, dei cavi e così via, mette in giuoco costanti di tempo di alcune decine di minuti primi, così la costante di tempo del relè, aggiustabile da caso a caso, dovrà essere di quest'ordine di grandezza. Le caratteristiche di due relè di costruzione BBC a grande costante di tempo, basati sul concetto dell'immagine termica, sono riportate in un precedente articolo (1); la

(1) *L'Elettrotecnica*, 25 luglio 1944.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

loro indicazione di temperatura è assolutamente pronta, perchè in essi l'elemento termometrico è in intimo contatto con l'elemento riscaldante.

I relè termici determinano lo scatto dell'interruttore solo negli impianti non sorvegliati; diversamente è sufficiente che diano la segnalazione, lasciando al personale il compito di intervenire nel modo più opportuno.

PROTEZIONE CONTRO LE SOVRATENSIONI.

Le sovratensioni si distinguono, secondo un classico schema, in sovratensioni di origine interna e di origine esterna. Le prime a loro volta si possono suddividere in sovratensioni a frequenza d'esercizio e a frequenza diversa. Fra le sovratensioni a frequenza d'esercizio si trovano quelle per distacco del carico, per fuga del motore primo e per autoeccitazione. Con l'uso ormai generale dei regolatori della tensione e dei giri e con una oculata scelta delle caratteristiche delle diverse parti dell'impianto, queste sovratensioni non superano che del 20-30 % la tensione normale e in maniera transitoria. In generale si realizza una ulteriore sicurezza contro queste sovratensioni con un relè di massima tensione tarato su 1,3 volte circa la tensione normale e ritardato di qualche decimo di secondo; esso provocherà la diseccitazione degli alternatori, il loro distacco dalla rete e il loro arresto. Come ultimo accorgimento sarà bene derivare il relè da un trasformatore di tensione diverso da quello che alimenta il regolatore, e ciò per premunirsi da una eventuale interruzione del circuito d'alimentazione del regolatore stesso.

Fra le sovratensioni a frequenza non d'esercizio si trovano quelle per risonanza e quelle di manovra, che possono raggiungere un multiplo della tensione normale. Le prime, se l'impianto è ben studiato, non si verificheranno mai in condizioni normali. Contro le sovratensioni di manovra ci si premunisce dotando gli interruttori rapidi di opportune resistenze smorzatrici; fra le sovratensioni di questa categoria vanno annoverate anche quelle pericolosissime dovute ad archi intermittenti a terra, contro le quali il rimedio specifico è quello dell'impiego della bobina di terra.

Rimangono finalmente le sovratensioni di origine esterna o atmosferica; esse interessano fondamentalmente, oltre alle linee, i trasformatori, mentre gli alternatori, che non sono normalmente allacciati direttamente a linee esterne, ne risentono molto meno. Si distinguono le fulminazioni indirette, che danno origine a onde a fronte ripido, e le fulminazioni dirette, ancor più pericolose delle prime. Caratteristica delle sovratensioni di origine esterna è che esse non sono legate, entro certi limiti, alla tensione normale, ma ammontano a determinati valori qualunque sia la rete; risulta così che, in un certo senso, nei loro confronti, risultano meno protetti gli impianti a media che quelli ad altissima tensione. Il coordinamento degli isolamenti, creando una scala nei gradi di sicurezza dei diversi punti dell'impianto e designando così gli elementi in cui è opportuno che di preferenza si abbiano a verificare le scariche, perchè di minor valore e di più facile sostituzione, è il miglior mezzo per ridurre al minimo gli inconvenienti dovuti a sovratensioni di origine atmosferica.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI FRA LE SPIRE O A TERRA NELL'INDOTTO DEGLI ALTERNATORI.

L'organo sensibile di un dispositivo di protezione si può dire in generale selettivo, se possiede l'attitudine a distinguere i casi in cui l'intervento della protezione è utile da quelli in cui è per lo meno superfluo. Tale attitudine è fondamentale per tutti i dispositivi di protezione, perchè quasi sempre un intervento superfluo della protezione risulta anzi addirittura dannoso all'economia del servizio. Per esempio i dispositivi di protezione dell'indotto degli alternatori contro i contatti fra le spire e la terra devono, avvertito il guasto, diseccitare al più presto il generatore corrispondente, staccarlo dalla rete, chiudere l'immissione dell'aria nei canali di ventilazione della macchina ed eventualmente, come si è già detto, immettervi anidride carbonica o altro gas atto a soffocare un principio di incendio, infine arrestare la macchina. È evidente che tutto questo deve avvenire solo quando è necessario, solo quando cioè l'alternatore è sede di un guasto, a limitare i cui effetti distruttori è opportuno mettere in atto tutte le provvidenze sopra elencate. Ogni intervento intempestivo sollecita invece inutilmente il materiale, spreca, se è il caso, anidride carbonica, infine, quel che è più importante, aggrava il servizio col distacco imprevisto di generatori dalla rete, ed è quindi assolutamente da evitare. Gli interventi intempestivi possono avere diverse cause: già in condizioni normali di funzionamento la possibile presenza della terza armonica nella forza elettromotrice della macchina o un carico fortemente squilibrato possono disturbare il funzionamento delle protezioni; in secondo luogo i transitori, come la chiusura dell'interruttore di macchina, una brusca variazione di carico, o anche semplicemente l'avviamento del generatore, possono determinare valori delle grandezze in gioco tali da simulare un guasto e trarre in inganno la protezione; infine gli scatti intempestivi possono avere come causa un guasto in rete o in un altro alternatore, comunque fuori dell'oggetto protetto. Qualche volta il significato di selettività viene limitato a quest'ultimo caso di discriminazione, ma più in generale, come è stato fatto sopra, si può estendere anche agli altri due casi, che sono ugualmente importanti.

Se la selettività deve essere il primo attributo di qualsiasi dispositivo di protezione, come seconda caratteristica fondamentale viene la sensibilità. È chiaro infatti che una protezione è tanto più preziosa quanto più è sensibile, perchè interviene già per guasti di minor entità, realizzando così un'azione veramente efficace. Più un dispositivo di protezione è sensibile e più sono però da temere gli scatti intempestivi; perciò selettività e sensibilità sono condizioni in un certo senso contrastanti e occorre addivenire per ogni caso ad un compromesso e prevedere dispositivi di protezione tanto sensibili quanto è ancora compatibile con la selettività. La rapidità deve essere la terza caratteristica dei dispositivi di protezione.

I dispositivi di protezione dell'indotto degli alternatori sono: le protezioni di massima corrente, differenziale e a ritorno d'energia contro i cortocircuiti fra spire di fasi diverse; la protezione di terra contro i contatti a terra; la protezione contro i cortocircuiti fra spire della stessa fase per questo genere di guasto.

Protezione di massima corrente.

Come è noto questo dispositivo di protezione è realizzato molto semplicemente da relè di massima corrente inseriti in serie agli avvolgimenti di fase del generatore ed interviene quando la corrente supera un valore prefissato. Vi sono due possibilità di inserzione dei relè di massima corrente: o tra l'avvolgimento e il centro stella della macchina oppure a valle dell'avvolgimento, verso la linea. Solo nel primo caso, come è evidente, il relè è interessato da un cortocircuito fra le fasi internamente all'alternatore corrispondente e quindi quando esso fosse inserito a valle dell'avvolgimento non costituisce una protezione del generatore, ma va invece interpretato come un dispositivo contro i cortocircuiti in rete e precisamente come l'elemento a tempo maggiore della protezione tipica di rete radiale a tempi scalari. Anche per relè inseriti a monte della macchina la protezione interviene poi, come è logico, per guasti in rete o in altre macchine in parallelo a quella considerata; la protezione, intesa riferita all'alternatore, non è quindi selettiva e manca così del primo attributo di qualsiasi dispositivo di protezione. Se si aggiunge a questo fatto l'altra considerazione che la

Biblioteca nazionale centrale di Roma

protezione di massima corrente non può essere molto sensibile, perchè correnti anche notevolmente superiori alla normale si possono verificare per qualche istante già in condizioni normali di funzionamento e che infine il funzionamento deve essere per forza ritardato, a meno di voler rinunciare alla protezione di rete a tempi scalari, si vede che la protezione di massima corrente contro i guasti interni al generatore manca di tutti e tre i requisiti di un buon dispositivo di protezione e non è quindi indicato per lo scopo che ci interessa. I relè di massima corrente non mancano mai su un alternatore, ma servono dunque per proteggere la rete e non la macchina; saranno sempre ritardati come richiede tale protezione e come è anche necessario per lasciare il tempo alle altre protezioni di macchina di intervenire selettivamente; infine non provocheranno che lo scatto dell'interruttore di macchina e non la diseccitazione, la chiusura dei canali di ventilazione e così via. Generalmente si inseriscono tre relè, uno per fase, per premunirsi anche contro i doppi contatti a terra in punti diversi della rete.

Protezione differenziale (longitudinale).

Fino a quando l'avvolgimento di una macchina non ha punti a terra o in contatto con punti di altri avvolgimenti, la corrente che lo percorre, se si trascurano le dispersioni trasversali, è necessariamente eguale a monte e a valle di esso. Come è ben noto si trae partito da questa semplice considerazione per realizzare la protezione detta differenziale, in cui per esempio si dispongono in serie i secondari di due riduttori di corrente eguali inseriti uno a monte e uno a valle dell'avvolgimento e si deriva dai due conduttori di interconnessione un normale relè di massima, che risulta percorso, quando l'avvolgimento è sede di guasto, dalla corrente differenza delle due a monte e a valle di esso (fig. 1 *a*). Tale protezione differenziale è detta longitudinale, mentre si dà il nome di protezione differenziale trasversale a quella che confronta invece le correnti che percorrono più rami in parallelo dell'avvolgimento di una fase ed è quindi applicabile, come è ovvio, solo quando l'avvolgimento è realizzato in più rami e le connessioni di parallelo sono previste esternamente alla macchina. La protezione differenziale, purchè si scelgano opportunamente i riduttori di corrente d'alimentazione, è squisitamente selettiva verso i cortocircuiti esterni alla macchina e provocherà quindi sempre la diseccitazione, la chiusura dei canali di ventilazione e così via; normalmente è a funzionamento istantaneo. La sensibilità della protezione differenziale è praticamente limitata soltanto dalla precisione, e quindi dalla grandezza, dei riduttori di corrente d'alimentazione; fin che è possibile essi sono identici a monte e a valle della macchina, anzi della medesima partita di costruzione e i relè sono derivati possibilmente a metà strada elettrica fra i riduttori. L'essenziale è che gli errori di rapporto e di fase dei due riduttori di corrente a monte e a valle non mettano in evidenza una differenza fra le correnti che li percorrono, quando tale differenza non c'è. Fin che le correnti sono dell'ordine di grandezza di quella normale, la precisione è esuberante, ma questo non è il caso quando si verifica un cortocircuito per esempio sulle sbarre e la componente alternata della corrente sale istantaneamente anche a 7-8 volte la corrente normale, senza che la protezione debba intervenire. In queste condizioni si ammette in genere un errore massimo del ± 5 % e si prevedono quindi i relè in modo che intervengano per una corrente differenziale eguale a 1/10 di quella nominale dei riduttori; questa è la precisione normalmente realizzata. In realtà, se i riduttori di corrente a monte e a valle della macchina sono perfettamente eguali ed hanno quindi eguali curve d'errore, la precisione potrebbe essere spinta molto di più, perchè sono solo le differenze fra gli errori dei due riduttori che entrano in gioco. Una nota si deve fare a proposito della prestazione che i riduttori sono chiamati a dare; per maggior chiarezza si può far riferimento ad un esempio.

Supponiamo che i riduttori di corrente siano con secondario a 5 A e che il relè di massima corrente che funge da relè differenziale ed è derivato tra i due riduttori posti in serie abbia una corrente di funzionamento di 0,5 A e a tale corrente consumi 1 VA; trascuriamo per semplicità la resistenza delle connessioni. La tensione che si deve pensare applicata al relè perchè esso intervenga sarà di 1 VA 0,5 A = 2 V e quindi quando la macchina sia a pieno carico e si verifichi il guasto, la prestazione che i riduttori di corrente devono fornire è di 5 A × 2 V = 10 VA, cioè 10 volte tanto il consumo indicato sopra per il relè. Allo stesso modo è immediato verificare che per cortocircuito sulle sbarre che comporti una corrente eguale per esempio a 10 volte la corrente nominale, perchè la protezione differenziale non abbia a funzionare intempestivamente, l'errore del ± 5 % non deve venir raggiunto, a 10 volte la corrente nominale, per una prestazione eguale a ben 100 volte il consumo del relè alla sua corrente di funzionamento; di ciò si deve tener conto nel dimensionare i riduttori di corrente. Uno schema che migliora le condizioni d'impiego dei riduttori è quello che prevede per ognuno di essi due avvolgimenti secondari, a due a due in serie e in opposizione; fra quelli in opposizione è derivato il relè di massima corrente che fa da relè differenziale (fig. 1 *b*). In condizioni normali la corrente secondaria dei riduttori percorre praticamente solo il circuito serie; quando invece si stabilisce una corrente differenziale, essa circola nell'avvolgimento secondario che interessa il relè. In questo modo gli errori di rapporto dei riduttori di corrente risultano riferiti ad una prestazione molto minore che nel caso comune della figura 1 *a*; se si prevedono i riduttori coi secondari da mettere in opposizione sempre di egual numero di spire, la corrente differenziale primaria che provoca il funzionamento della protezione ha un valore costante per qualsiasi generatore.

Nei casi in cui per una ragione qualsiasi i riduttori di corrente a monte e a valle dell'alternatore non siano eguali e quindi maggiormente si facciano sentire le differenze fra le loro curve d'errore, per evitare di dover prevedere i riduttori stessi di dimensioni troppo rilevanti, per assicurare in ogni caso la necessaria precisione, si ricorre a relè differenziali percentuali, anzichè a relè di massima corrente di costruzione normale. La corrente differenziale che provoca il funzionamento dei relè percentuali non è fissa, ma ha un valore via via crescente col crescere del valore della corrente che percorre l'oggetto da proteggere, in modo che si può tollerare nei riduttori un errore tanto maggiore quanto più è grande la sovracorrente. Lo schema d'inserzione del relè è quello segnato in figura 1 *c*; alla bobina *D* percorsa dalla corrente differenziale, che deve provocare il movimento dell'equipaggio, si oppone non solo l'azione di una molla antagonista, ma anche quella di una seconda bobina *S*, divisa in due parti eguali e percorse dalle correnti secondarie a monte e a valle dell'oggetto. È facile verificare che, quando si ammetta che le azioni siano proporzionali alle correnti, la caratteristica di funzionamento del relè è rettilinea come quella indicata in figura, e cioè per il funzionamento del relè occorre una corrente differenziale che è a un di presso, se si trascura l'azione della molla antagonista rispetto a quella della bobina *S*, come è tanto più ammissibile quanto più è alta la corrente in linea, un certo percento di quest'ultima. Variando l'azione della molla o quella della bobina bipartita si può variare la corrente minima di funzionamento oppure il grado percentuale, cioè spostare la caratteristica parallelamente a se stessa oppure variarne la pendenza.

Il caso normale di impiego dei relè differenziali percentuali è quello della protezione dei trasformatori, in cui per necessità di cose i riduttori a monte e a valle debbono essere di tipo diverso. Nella protezione degli alternatori i

Biblioteca nazionale centrale di Roma

relè percentuali entrano in conto quando insieme alla macchina si voglia proteggere anche il suo trasformatore elevatore, considerati come un unico oggetto, in quanto fra l'uno e l'altro non ci siano nè interruttori nè derivazioni intermedie. Come corrente minima di funzionamento della protezione occorre scegliere un valore superiore alla corrente magnetizzante normale del trasformatore, poichè questa corrente, comparendo solo da un lato del trasformatore, ha il carattere di una corrente differenziale. Anche brusche variazioni di carico possono provocare correnti istantanee a carattere differenziale: in particolare la brusca messa in tensione del trasformatore, una manovra di parallelo, un cortocircuito in linea, il distacco di un forte carico o di una lunga linea a vuoto. Il più temibile di questi transitori, cioè la brusca messa in tensione del trasformatore, nel caso della protezione di un gruppo alternatore-trasformatore non si può verificare, perchè non si può mettere in tensione il trasformatore che lentamente con l'aumentare dei giri della macchina a cui è direttamente legato. Rimangono gli altri casi; per premunirsi contro gli scatti intempestivi che ne possono derivare, si ritarda il funzionamento della protezione di alcuni decimi di secondo.

Un caso in cui i riduttori di corrente, pur potendo essere uguali a monte e a valle dell'avvolgimento dell'alternatore, possono essere però caricati diversamente sui due lati, e in cui quindi le differenze fra gli errori assumono il loro peso, è quello della macchina con connessioni a triangolo. Se per qualche particolare ragione, per esempio utilizzazione dei riduttori di corrente verso la linea per altre protezioni o per misure, non si vuol impiegare l'inserzione più immediata secondo figura 2 *a* (che richiede relè differenziali normali), ma si è preferito adottare quella secondo figura 2 *b* (2) o anche secondo figura 2 *c* (che però richiede un maggior numero di riduttori), allora è indicato, per evitare scatti intempestivi, ricorrere a relè differenziali percentuali, non ritardati. Nel caso della figura 2 *b* la corrente terza armonica può circolare nel triangolo dei riduttori di corrente, ma non raggiunge i relè differenziali.

Infine un terzo caso in cui è indicato l'impiego dei relè differenziali percentuali è quello della protezione dei gruppi Ljungström; quando, per evitare la circolazione dell'eventuale corrente terza armonica fra i due statori in caso di pendolazioni di un rotore rispetto all'altro, si vogliono tener distinti i due centri stella (fig. 3 *b*), si è costretti a disporre, per la protezione differenziale del gruppo, a monte degli avvolgimenti, coppie di riduttori in parallelo. Alle possibilità di errore dovute al diverso valore delle correnti nei riduttori a monte e a valle, specialmente in corrispondenza alle correnti di cortocircuito in rete, si aggiungono altre possibilità in caso di pendolazioni di un rotore rispetto all'altro, con relativo scambio di corrente fra i due statori, alla manovra dell'interruttore o per brusche variazioni del carico. Tali correnti di scambio caricano diversamente i riduttori relativi ai due statori e possono così mettere in evidenza errori di rapporto già con correnti di carico normali del gruppo. Alle prime possibilità di errore si rimedia usando relè differenziali percentuali, alle seconde ritardando leggermente la protezione.

Protezione a ritorno di energia.

La protezione a ritorno d'energia sfrutta il fatto che in caso di guasto nell'alternatore si può verificare un flusso d'energia attiva che va verso il generatore, cioè in senso contrario al normale, ed è realizzata da due relè wattmetrici inseriti su due fasi a valle della macchina. La protezione non può essere istantanea, perchè flussi d'energia verso la macchina si possono verificare anche in assenza di guasti per qualche istante, per eventuali pendolazioni di un alternatore rispetto all'altro, e quindi si usano relè wattmetrici a tempo inversamente propor-

(2) Confrontare con la fig. 1 *b*.

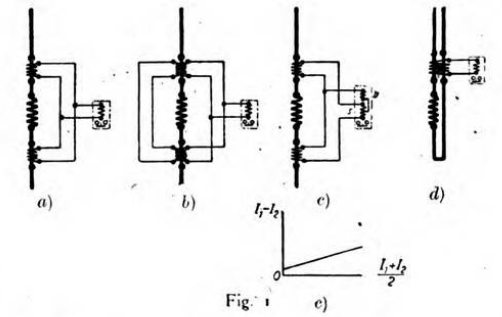


Fig. 1

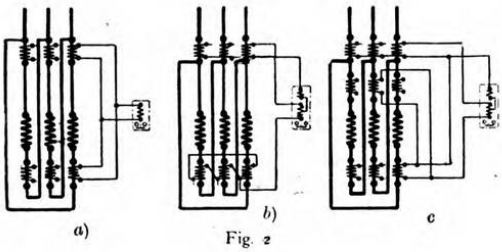


Fig. 2

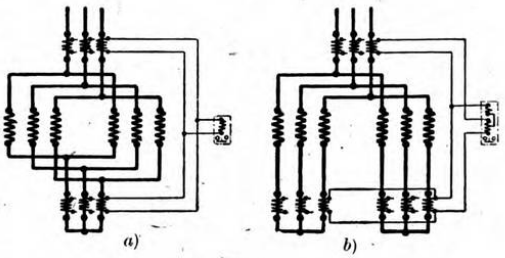


Fig. 3

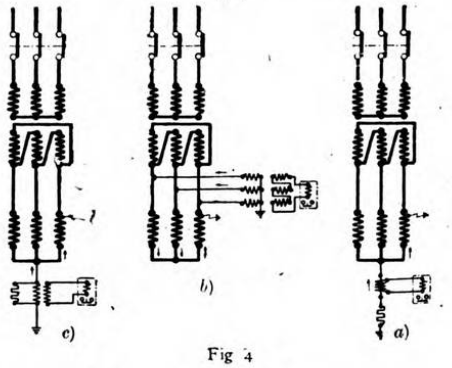


Fig. 4

Fig. 1. — Protezione differenziale: *a*) normale; *b*) con riduttori di corrente a due secondari; *c*) percentuale; *d*) a differenzazione magnetica.

Fig. 2. — Protezione differenziale per alternatore con connessioni a triangolo.

Fig. 3. — Protezione differenziale di un gruppo Ljungström: *a*) caso di un solo centro stella; *b*) caso di due centri stella distinti.

Fig. 4. — Protezione di terra per alternatori non metallicamente in parallelo.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

zionale alla potenza; non è neppure molto sensibile, perchè avverte solo guasti che richiamino dall'esterno energia in tal misura, da invertire il senso dell'energia stessa fra macchina e rete. La protezione a ritorno d'energia è quindi una cattiva protezione ed è infatti ormai pochissimo usata; il suo impiego è limitato ai casi in cui non è possibile applicare la protezione differenziale, per il fatto che l'alternatore non è provvisto dei tre morsetti verso il centro stella. La protezione a ritorno di energia non è sempre applicabile, perchè il suo impiego presuppone la possibilità da parte della rete di alimentare il guasto; nel caso di una piccola rete alimentata da un solo alternatore sprovvisto dei tre morsetti verso il centro stella, contro i guasti interni non è applicabile nè la protezione di massima corrente, nè quella differenziale, nè (con sicurezza) quella a ritorno d'energia, e bisognerà accontentarsi di avvertire la dissimetria di tensione ai morsetti, che accompagna i guasti interni più vistosi, purchè ben inteso il carico della macchina si possa sempre ritenere sufficientemente equilibrato. È necessario infine osservare che l'inserzione dei relè non può essere quella normale dei due wattmetri perchè per fattori di potenza minori di 0,5 per uno di essi la coppia si invertirebbe senza che vi siano guasti e si avrebbero quindi scatti intempestivi; per evitare l'inconveniente si possono per esempio inserire invece i relè con la bobina di corrente in una fase e la bobina di tensione fra le altre due fasi.

Protezione di terra.

Questa protezione ha per scopo di mettere in evidenza i contatti accidentali a terra. Poichè essi costituiscono il guasto più comune e da cui prendono in genere origine gli altri, così questa protezione dovrebbe essere la più diffusa; se non lo è lo si deve al fatto che, in alcuni casi, una protezione selettiva risulta alquanto complicata. Trattandosi di guasti interni, la protezione di terra deve determinare la diseccitazione della macchina e così via.

I contatti accidentali a terra possono essere messi in evidenza avvertendo, come è noto, o la corrente che fluisce attraverso il guasto o la tensione che si stabilisce fra terra e centro stella del sistema e che si interpreta come la causa della corrente di terra. Cominciamo a considerare come si può avvertire la tensione di terra. Il modo più immediato è quello di disporre un trasformatore di tensione fra il centro stella della macchina e la terra e di alimentare col secondario un relè di massima tensione (fig. 4 *a*). Un sistema così fatto trova pratica applicazione e costituisce anzi la più semplice realizzazione di protezione di terra; verrà in seguito considerato in dettaglio. Per il mòmento si vuol far rilevare che se il generatore è in parallelo metallicamente con altri, il dispositivo di protezione considerato non è selettivo perchè, come è evidente, un contatto a terra, per esempio presso un morsetto di linea di un alternatore, è avvertito in egual modo da tutti i trasformatori di tensione posti al centro stella dei diversi generatori, siano essi sani o no. L'applicazione pratica accennata sopra è quindi limitata al caso di alternatori singoli o quanto meno che lavorano ciascuno direttamente su un proprio trasformatore di potenza; per macchine metallicamente in parallelo bisognerà ricorrere a qualche altro sistema. La sensibilità della protezione considerata è buona e solo limitata praticamente dalla possibile presenza della terza armonica nella forza elettromotrice del generatore; già in condizioni di isolamento sano può essere infatti derivata, attraverso le capacità e le resistenze verso terra degli avvolgimenti e della rete a tensione di macchina, una corrente terza armonica in grado di falsare la protezione, se essa fosse prevista troppo sensibile. Anche la dissimetria da fase a fase di queste impedenze trasversali potrebbe originare una corrente di terra anche in assenza di guasti e di terze armoniche, ma dato che la rete a tensione di macchina non è mai molto estesa, trattandosi di tensioni relativamente basse (spesso anzi le connessioni a tensione di macchina si limitano al tratto tra il generatore e il trasformatore elevatore nella stessa centrale), così queste dissimetrie sono del tutto evanescenti. Per evitare poi che i transitori, con le dissimmetrie di tensione cui danno luogo, non abbiano a trarre in inganno la protezione, anche se le impedenze trasversali sono sensibilmente eguali, si ritarda in genere il dispositivo di qualche decimo di secondo. Normalmente la protezione mediante trasformatore e relè di tensione può coprire il 90-95 % degli avvolgimenti di macchina a partire dai morsetti di linea. Infine si può osservare che, pur rimuovendo la limitazione imposta dalla presenza della terza armonica, come è anche possibile fare con opportuni accorgimenti, rimarrà sempre una zona degli avvolgimenti, anche se teoricamente piccola quanto si vuole, verso il centro stella, per i cui guasti la protezione non è sensibile. Per proteggere il 100 % degli avvolgimenti occorrerebbe portare il centro stella del generatore a una certa tensione verso terra in modo stabile, così che anche un contatto accidentale a terra in corrispondenza di esso facesse comparire ai morsetti del trasformatore di terra una tensione capace di far funzionare la protezione. La cosa sarà considerata in seguito.

Sempre nell'ordine di idee di sentire la tensione di terra, si può anche pensare di derivare dalle sbarre un trasformatore di tensione a cinque colonne, con primario a stella e neutro a terra e secondario a triangolo aperto, ai morsetti del quale si allaccia un relè di massima tensione (fig. 4 *b*); il dispositivo è perfettamente equivalente a quello di disporre trasformatori monofasi di tensione fra centri stella e terra. Anche questo schema non è migliore dell'altro per quanto riguarda la selezione del guasto fra le diverse macchine, se esse sono metallicamente in parallelo, ed è praticamente limitato anch'esso, nella sua sensibilità, solo dalla possibile presenza di terze armoniche. Concludendo per selezionare il guasto fra diverse macchine metallicamente in parallelo è necessario far ricorso ad altri schemi che non siano quelli che avvertono la tensione di terra; passiamo quindi in rassegna l'altra categoria di schemi, cioè quelli che sentono la corrente di terra, considerando i modi secondo i quali si può chiudere il circuito di terra.

Per centro stella dell'alternatore direttamente a terra, il percorso della corrente di guasto in caso di contatto accidentale a terra è evidente e il suo valore così grande che interverrebbero in genere i relè di massima corrente e a maggior ragione i relè differenziali: il contatto a terra sarebbe addirittura un cortocircuito. Quando il centro stella dell'alternatore non è a terra, come è il caso normale da noi, allora una corrente naturale di terra non si può chiudere che attraverso alle capacità verso terra degli avvolgimenti e dei conduttori del tratto di linea a tensione di macchina. Ma, come si è già visto, queste capacità sono sempre molto piccole, così che la corrente di terra che può essere derivata attraverso ad esse è esigua e non è facile metterla in evidenza senza errori. Sia la protezione di massima corrente che quella differenziale dovrebbero teoricamente intervenire, ma praticamente anche la seconda è ben lontana dal poterlo fare per mancanza di sensibilità sufficiente; la segnalazione del relè differenziale sarebbe selettiva (come sempre) (fig. 5 *a*), quella del relè di massima no. Sempre in via teorica si potrebbe mettere in evidenza la corrente capacitiva di terra anche con tre riduttori di corrente in parallelo fra loro e inseriti sulle tre fasi (Holmgreen), a valle dell'alternatore, alimentanti un relè di massima corrente (figura 5 *b*); la protezione che ne risulterebbe sarebbe selettiva, nel senso che indicherebbe senz'altro quale è la macchina guasta. Infatti le macchine sane costituiscono, se si prescinde dalle dispersioni trasversali, un circuito chiuso per le correnti, le quali sono obbligate a passare inevitabilmente per i tre conduttori di linea, su cui sono

Biblioteca nazionale centrale di Roma

inseriti i riduttori, che daranno quindi una corrente risultante nulla. Anche questo modo di mettere in evidenza la corrente naturale di terra non trova pratica applicazione per l'esiguità della corrente di terra stessa.

Visto che la corrente naturale di terra è troppo piccola per essere assunta come indice sicuro del guasto, se ne crea una maggiore, anche se limitata (generalmente 5 A al massimo), mettendo a terra un punto del circuito attraverso una impedenza di opportuno valore. Tale messa a terra può essere effettuata o sui centri stella o sulle sbarre. Nel primo caso la corrente di terra può essere avvertita da un riduttore di corrente inserito sulla connessione di terra (fig. 4 *c*) oppure, per più macchine in parallelo sul medesimo sistema di sbarre, da tre riduttori di corrente in parallelo sulle tre fasi e posti a valle delle macchine. Nè secondo una inserzione nè secondo l'altra, se si alimentano coi riduttori relè di massima corrente, la protezione è selettiva per macchine metallicamente in parallelo. Nella seconda inserzione poi la terna di riduttori di corrente corrispondente al generatore guasto dà una corrente secondaria risultante solo se altri alternatori sono metallicamente in parallelo a quello considerato e forniscono tale corrente; essa ha quindi segno contrario sulla macchina sana rispetto a quello della corrente sulla macchina guasta. Si potrebbe sfruttare questo fatto per realizzare la selezione usando relè wattmetrici anzichè amperometrici e sfruttando come tensione di terra quella a cavallo dell'impedenza di terra (fig. 6 *b*). Come sempre poi la selezione è ottenuta anche se si ricorre a uno schema differenziale normale o anche applicato alla sola corrente di terra (fig. 6 *a*). Tutti questi schemi sono sensibili alle terze armoniche.

La messa a terra sulle sbarre è ottenuta invece derivando da ogni fase una impedenza eguale di opportuno valore e mettendo a terra il centro stella delle impedenze. Anche in questo caso può intervenire selettivamente la protezione differenziale (fig. 7 *a*) oppure un semplice relè di massima corrente alimentato da tre riduttori di corrente in parallelo sulle fasi e disposti fra i morsetti di linea dei generatori e le sbarre (fig. 7 *b*); lo schema è perfettamente analogo a quello che sfrutta la corrente naturale capacitiva di terra (fig. 5). Anche questi schemi di protezione sono sensibili alle terze armoniche. Riassumendo per macchine metallicamente in parallelo la selettività viene raggiunta solo usando relè di massima corrente o alimentati secondo uno schema differenziale o, solo per messa a terra sulle sbarre, alimentati da terne di riduttori di corrente in parallelo sulle fasi e posti a valle dei generatori (inserzione specifica di terra). L'unico caso considerato in cui per la selettività è necessario impiegare relè wattmetrici è quello di messa a terra dei centri stella delle macchine e riduttori di corrente verso le sbarre (fig. 6 *a*); siccome però un tale schema cade in difetto quando una macchina rimane sola a lavorare sulle sbarre, esso non verrà più considerato. Tutti i sistemi risultano poi sensibili alle terze armoniche.

Visto quali sono le due uniche soluzioni selettive possibili, cerchiamo ora di esaminare se una delle due sia più conveniente dell'altra, e a questo scopo analizziamo le condizioni di precisione richieste nei due casi ai riduttori di corrente d'alimentazione. È facile verificare che le due soluzioni si equivalgono, con la sola differenza, che ha per altro la sua importanza, che per la protezione differenziale occorrono sei riduttori mentre per quella specifica di terra tre bastano; per contro la protezione differenziale indica senz'altro qual'è la fase guasta, mentre la semplice indicazione del relè di massima corrente usato come relè di terra non discrimina una fase dall'altra. Supponiamo infatti per esempio che la corrente nominale di macchina sia 1000 A, che i riduttori di corrente abbiano rapporto 1000/5 A, che si voglia limitare la corrente di terra a 5 A al massimo e che quindi la corrente minima di terra che si vuol ancora avvertire sia, per

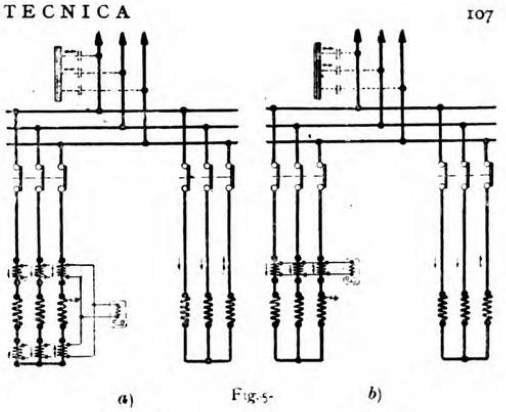


Fig. 5.

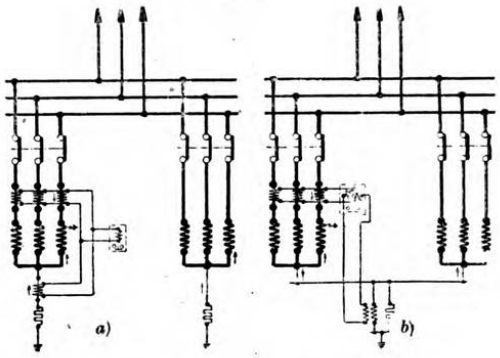


Fig. 6

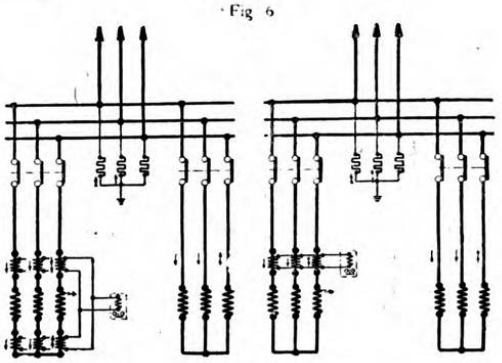


Fig. 7

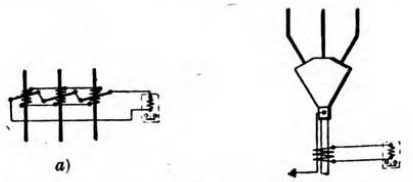


Fig. 8

Fig. 5. — Protezione di terra per alternatori metallicamente in parallelo; caso teorico per corrente naturale capacitiva di terra.
Fig. 6. — Protezione di terra per alternatori metallicamente in parallelo; caso per corrente artificiale di terra creata con impedenze di terra sul centro stella delle macchine.
Fig. 7. — Protezione di terra per alternatori metallicamente in parallelo; caso per corrente artificiale di terra creata con impedenze di terra sulle sbarre comuni.
Fig. 8. — Accorgimenti per facilitare la messa in evidenza della corrente di terra: *a*) con riduttori di corrente a due secondari; *b*) a differenzazione magnetica.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

protezione per esempio del 90 % degli avvolgimenti di macchina, circa 0,5 A, che il consumo del relè di massima (o eventualmente del circuito amperometrico del relè wattmetrico) alla corrente di funzionamento di $0{,}5\ \frac{5}{1000} = \frac{2{,}5}{1000}$ A sia di 1 VA; ciò significa che per il suo funzionamento il relè richiede $\frac{1\ \text{VA}}{0{,}0025\ \text{A}} = 400$ V e quindi (trascurando per semplicità le connessioni) che la prestazione per cui vanno previsti i riduttori di corrente è di 400 V × 5 A = 2000 VA alla corrente nominale e sarebbe di 400 V × 50 A = 20 000 VA in caso di corrente di cortocircuito di 10 volte la corrente nominale e così via, con errori minori di 0,5 ‰ rispettivamente 0,05 ‰. Il ragionamento vale ugualmente per lo schema differenziale che per quello specifico di terra e quindi in questo senso le due protezioni si equivalgono, come si era premesso. La difficoltà è legata da un lato alla piccolezza della corrente minima di terra che ancora si vuol avvertire (nel caso di cui sopra 0,5 A) rispetto alla corrente nominale di macchina (1000 A) ed è quindi tanto più grave quanto più è grande tale corrente nominale; variando la corrente nominale secondaria dei riduttori non si migliora la situazione, per quanto riguarda il lato prospettato della cosa.

Per migliorare la realizzazione dell'indicazione della corrente di terra sono stati escogitati particolari accorgimenti. Anzitutto si possono costruire i riduttori di corrente, da disporre in parallelo sulle fasi, in modo speciale, provvedendoli cioè, oltre che del secondario normale, di un terziario, per esempio in ogni caso di una sola spira, disponendo i secondari in parallelo fra loro e i terziari in serie fra loro e con l'avvolgimento di corrente del relè (fig. 8 *a*). L'accorgimento è perfettamente analogo a quello ricordato a figura 1 *b* per la protezione differenziale. Nel terziario circola solo la corrente di terra per la prestazione richiesta dal relè, mentre la corrente normale circola nei secondari, con prestazione nulla; i secondari risultano caricati del solo consumo interno dei riduttori ed è quindi solo a questo carico che non devono dare errori di rapporto, i quali si riporterebbero sull'avvolgimento terziario, denunziando una corrente di terra che in effetto non c'è. Due altri vantaggi collaterali che risultano dall'impiego di riduttori di corrente con avvolgimento terziario sono: la possibilità di dimensionare l'avvolgimento del relè per una corrente di 0,5 A direttamente (per il caso contemplato precedentemente e per terziario di una sola spira) anzichè di 0,5 A ridotto nel rapporto dei riduttori di corrente normali (0,0025 A), e la possibilità di dimensionare conseguentemente l'avvolgimento del relè sempre per quella corrente (per correnti di terra limitate sempre agli stessi valori), anzichè diversamente secondo la corrente nominale di macchina, cioè anche la possibilità di costruire tutti i relè di terra identici per qualsiasi impianto. La difficoltà di costruzione dei riduttori di corrente atti a mettere in evidenza la corrente di terra è girata diversamente quando la linea che esce dalla macchina sia in cavo trifase; allora si possono impiegare riduttori speciali di cavo, che sono costituiti da un circuito magnetico che abbraccia tutto il cavo e che porta l'avvolgimento secondario, che misura così direttamente la corrente di terra (fig. 8 *b*). Lo schema è perfettamente analogo a quello che misura la corrente differenziale con un riduttore di corrente con circuito magnetico che abbraccia contemporaneamente i conduttori di entrata e uscita dell'avvolgimento protetto (fig. 1 *d*). La soluzione della figura 8 *b* è però limitata a correnti nominali di qualche centinaio d'ampere, perchè mancano cavi per correnti maggiori alle tensioni normali di macchina; la soluzione non trova cioè applicazione proprio nei casi in cui è più sentita la difficoltà di mettere in evidenza la corrente di terra rispetto alla corrente di carico. Nel caso dei riduttori di corrente per cavi trifasi la connessione di messa a terra dell'armatura esterna del cavo deve concatenarsi anch'essa col circuito magnetico, altrimenti sfuggirebbero alla misura le correnti di terra che percorrono l'armatura. In ogni modo è molto difficile soddisfare coi riduttori alle condizioni di precisione richieste dalla sensibilità della protezione quando si verificano cortocircuiti esterni che richiamino correnti intorno a 10 volte la corrente nominale; la protezione di terra viene quindi generalmente bloccata con relè di massima corrente istantanei.

Un altro modo per aumentare la sensibilità per la corrente di terra, a pari riduttori di corrente impiegati, è quello di usare relè wattmetrici (rispettivamente, se del caso, varmetrici) anzichè amperometrici, alimentando il circuito di tensione con la tensione di terra, opportunamente messa in evidenza. Al proposito si mette subito in chiaro che questo impiego di relè wattmetrici è, per gli alternatori, solo opportuno, ma non necessario, perchè, come si è visto, concettualmente bastano relè amperometrici. La ragione della riduzione di peso nei riduttori a pari sensibilità della protezione risiede nel fatto che i relè wattmetrici attingono una parte della loro eccitazione al di fuori dei riduttori stessi; la riduzione di peso di questi compare poi come peso nel dispositivo atto a mettere in evidenza la tensione di terra. Ma tale dispositivo è comunemente conglobato con le impedenze di terra impiegando, per i due scopi insieme, un trasformatore di tensione a cinque colonne con primario a stella e centro stella a terra e con secondario a triangolo chiuso su un resistore, a cavallo del quale compare la tensione di terra, e il trasformatore non conosce quelle restrizioni costruttive che sono caratteristiche dei riduttori di corrente. Perciò il vantaggio di peso c'è sempre; esso è tanto più sentito quanto più grande è il numero di macchine allacciate alle stesse sbarre, perchè il trasformatore a cinque colonne è uno per ogni sistema di sbarre e le terne di riduttori sono tante quanti sono gli alternatori.

Infine un ultimo sistema originale per migliorare le condizioni della selettività è quello di ridurre in qualche modo la variazione della corrente di terra da un caso di guasto all'altro. Come si è detto si limita in genere la corrente di terra a 5 A al massimo per contatto a terra presso i morsetti di linea. In queste condizioni la selezione del guasto è evidentemente molto più facile che non quando il guasto si verifica poi per esempio al 10 % di distanza dal centro stella del generatore e quindi la corrente di terra si è ridotta a 0,5 A. Se fosse possibile con qualche accorgimento fare in modo che la corrente di terra non variasse così tanto di valore da caso a caso, ma rimanesse per esempio sempre intorno al valore di 5 A, si otterrebbe il doppio risultato di limitare al valore voluto la corrente di terra in ogni caso, senza gravare sulle condizioni richieste per la selettività della protezione anche per alta sensibilità di essa, cioè in altre parole il dimensionamento dei riduttori di corrente ne risulterebbe avvantaggiato. Gli accorgimenti escogitati in questo senso sono più d'uno; anzitutto sarà sempre conveniente mettere a terra il sistema in un solo punto (fig. 6 *b*) piuttosto che in diversi punti quanti sono i generatori ((fig. 6 *a*), per evitare che la corrente di terra vari secondo il numero di macchine in servizio, offrendo ciascuna di esse una distinta via di terra per la corrente di guasto. Se la messa a terra è fatta sulle sbarre, la cosa va da sè; se la messa a terra dovesse avvenire sui centri stella, si sceglierebbe la soluzione di riunire fra loro i centri stella di tutte le macchine e di metterli poi a terra tutti insieme attraverso un'unica impedenza. Un secondo tipo di accorgimento può essere quello di variare automaticamente il valore dell'impedenza di terra secondo l'entità del guasto; a questo concetto si ispira la protezione Bütow, che im-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

piega come impedenza di terra resistori in ferro, i quali, come è noto, hanno una caratteristica tensione/corrente non rettilinea. Secondo lo stesso concetto per protezione estesa al 90 % degli avvolgimenti si può ridurre il campo di variazione della corrente di terra da 1/10 a 1/3,15 dividendo l'impedenza di terra in due parti e inserendo tutta l'impedenza o solo una parte di essa secondo che la tensione di terra ha un valore compreso fra il 10 e il 31,5 % del suo valore massimo possibile oppure compreso fra il 31,5 e il 100 % di esso. Una realizzazione di questo principio è rappresentata in figura 9 *a*; due relè di tensione diversamente tarati, e di cui il più sensibile è ritardato di un tempo piccolissimo, e un contattore risolvono il problema, come è facile verificare. La soluzione è più vantaggiosa usando apparecchiatura per bassa tensione e quindi si presta maggiormente per resistore di terra inserito al secondario di un trasformatore di terra a cinque colonne; il trasformatore serve contemporaneamente anche per mettere in evidenza la tensione di terra per l'alimentazione dei due relè sensibili. Un altro accorgimento originale è quello di far provocare dall'organo sensibile al guasto una messa a terra artificiale eventualmente più favorevole di quella verificatasi accidentalmente, così da mettere il dispositivo amperometrico di selezione in condizioni di funzionamento più facili. La cosa può essere realizzata secondo lo schema della figura 9 *b* e cioè, selezionata la fase guasta, mettendo a terra il morsetto di linea della fase successiva; così facendo la corrente non può variare da caso a caso che nel rapporto 1/1,73, come è facile verificare sul diagramma della stessa figura (3).

Prima di passare a considerare uno schema completo che assommi tutte le considerazioni fatte fin qua, rimane ancora da vedere come si può eliminare l'influenza della possibile terza armonica e con ciò spingere maggiormente la sensibilità della protezione. Per il caso poi di generatori metallicamente in parallelo, visto che è più facile realizzare un organo sensibile alla tensione di terra che alla corrente di terra, sarà conveniente impiegare come organo sensibile un dispositivo voltmetrico e lasciare al dispositivo amperometrico la sola funzione selettiva, che gli è caratteristica. L'eliminazione dell'influenza della terza armonica può essere realizzata con filtri o relè a risonanza; una soluzione semplice è anche quella che fa ricorso a relè wattmetrici (elettrodinamici o ad induzione), in cui uno dei due avvolgimenti è percorso da una corrente sicuramente esente da terza armonica. Poichè l'equipaggio mobile di un tale relè è sollecitato da coppia solo per corrente della stessa frequenza nei due avvolgimenti, così i funzionamenti intempestivi dovuti alla terza armonica sono eliminati. Il relè può anche avere ambedue gli avvolgimenti di tensione; in questo caso un avvolgimento può essere alimentato dalla tensione di terra e l'altro da una tensione concatenata, che è sicuramente esente dalla terza armonica. Se si usano poi tre relè, ciascuno col secondo avvolgimento alimentato ordinatamente da una tensione concatenata diversa, si può discernere qual'è la fase guasta, perchè due dei relè saranno sollecitati a muoversi da una coppia di segno opposto a quello del relè corrispondente alla fase guasta. In figure 10 *a* e 10 *b* sono rappresentate due realizzazioni del principio. Eliminando così l'influenza della terza armonica, la sensibilità della protezione può anche essere spinta fino al 99 %. Se si volesse proteggere il 100 % degli avvolgimenti occorrerebbe, come è già stato accennato, portare il centro stella dell'alternatore a una certa tensione

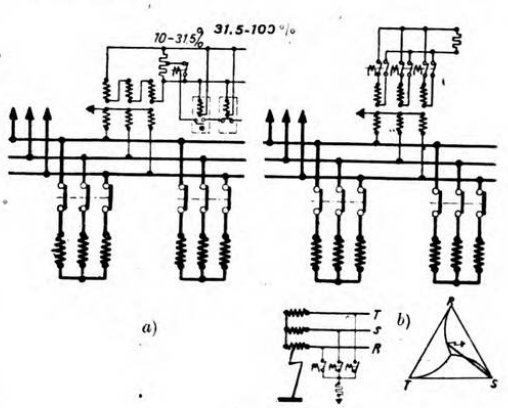


Fig. 9

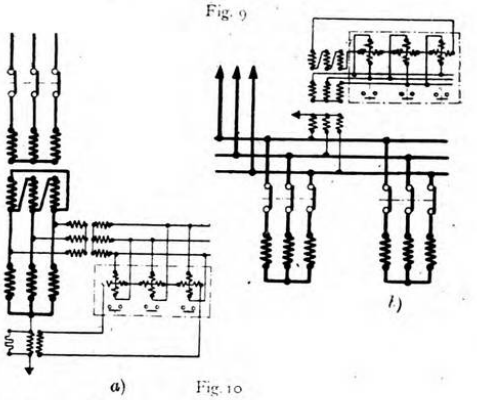


Fig. 10

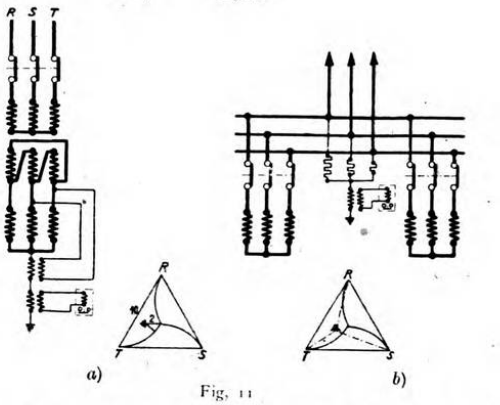


Fig. 11

Fig. 9. — Accorgimenti per ridurre il divario fra i valori della corrente di terra da caso a caso nella protezione di terra degli alternatori:
a) variazioni della corrente di terra da 1 a 3,15 (protezione del 90 % degli avvolgimenti); *b*) variazioni della corrente di terra da 1 a 1,73 (protezione del 99 % degli avvolgimenti).

Fig. 10. — Accorgimento per eliminare l'azione della terza armonica mediante relè ad induzione nella protezione di terra degli alternatori.

Fig. 11. — Accorgimenti per estendere il campo della protezione di terra degli alternatori al 100 % degli avvolgimenti.

(3) L'andamento curvilineo dell'elemento che normalmente rappresenta la tensione di fase vuol ricordare che la tensione fra il centro stella e un punto intermedio dell'avvolgimento non sempre è una semplice frazione della tensione totale di fase, dato che essa risulta dalla somma geometrica delle forze elettromotrici che hanno sede nei singoli conduttori dell'avvolgimento; il caso rappresentato è quello di un avvolgimento ondulato a uno strato.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

verso terra in modo stabile. Se si usa a questo scopo, nel caso di relè di tensione di terra inserito sul centro stella, un trasformatore di tensione derivato fra due morsetti di macchina, è molto probabile il funzionamento della protezione per qualsiasi contatto accidentale a terra negli avvolgimenti del generatore; per sensibilità del relè di tensione 10 % il trasformatore di tensione potrebbe aver rapporto 5/1 (fig. 11 *a*). Il dispositivo non può essere applicato se un altro centro stella del sistema è a terra (trasformatore di potenza o di tensione trifase), perchè in questo caso il relè di tensione risulterebbe sempre eccitato. Lo schema trova un equivalente nel caso di relè di tensione inserito fra centro stella di tre impedenze derivate dalle sbarre e terra, quando tali impedenze vengano previste di valore diverso tutte e tre l'una dall'altra, così che il loro centro stella abbia sempre una certa tensione rispetto a quello della macchina (fig. 11 *b*). Altri schemi ricorrono a trasformatori di tensione trifasi non simmetrici.

La figura 12 dà lo schema completo di un dispositivo di protezione contro i contatti a terra per alternatori metallicamente in parallelo. In esso l'organo sensibile è costituito da tre relè di tensione non influenzati dalle terze armoniche e quindi la sensibilità può essere spinta fino a realizzare la protezione del 99 % degli avvolgimenti di macchina. L'impiego di tre relè di tensione permette di discernere qual'è la fase guasta. Per poter poi selezionare il guasto fra i diversi alternatori senza dover ricorrere a riduttori di corrente eccessivamente costosi, data l'alta sensibilità del dispositivo, si determina una corrente artificiale di terra che non è quella dovuta alla tensione di terra creata dal guasto (che può anche essere solo qualche percento della tensione di fase), ma che varia solo nel rapporto 1/1,73 (per esempio da $5/\sqrt{3}$ a 5 A). Il dispositivo non comprende nessun organo a tempo e risulta quindi rapidissimo. L'apparecchiatura, ad eccezione naturalmente del trasformatore di tensione sulle sbarre e dei riduttori di corrente sui montanti, è tutta di bassa tensione. I riduttori di corrente sono del tipo a due secondari e i relativi relè amperometrici sono sostituiti da relè wattmetrici più sensibili. Il trasformatore di tensione è a cinque colonne, con primario a stella e centro stella a terra, con un secondario a stella normale e con un terziario a triangolo aperto, ai cui morsetti compare l'eventuale terza armonica e, in caso di contatto accidentale a terra nelle macchine, la tensione di terra. Il terziario alimenta il primo avvolgimento di tre relè di tensione ad induzione, di cui il secondo avvolgimento è alimentato ordinatamente dalle tre tensioni concatenate fornite dal secondario del trasformatore. In questo modo per tensioni dovute alla terza armonica i relè di tensione non si muovono, mentre in caso di terra nelle macchine due sono sollecitati a muoversi in un senso e quello che ha il secondo avvolgimento alimentato dalla tensione concatenata opposta alla fase guasta si muove in senso contrario e risulta così denunciata la fase a terra. Il relè di tensione interessato determina l'attrazione di quello dei tre contattori disposti sul terziario del trasformatore a cinque colonne, che provoca la chiusura della fase successiva a quella guasta sul resistore di terra. In questo modo la corrente di terra varia da un valore minimo per contatto a terra nelle vicinanze del centro stella dell'alternatore a un valore massimo 1,73 volte maggiore per contatto a terra presso un morsetto di linea. Contemporaneamente il relè di tensione interessato porta al relè wattmetrico, che è destinato a selezionare il guasto fra le diverse macchine, non la tensione di terra, ma la piena tensione concatenata fra la fase guasta e la successiva. Per reti a tensione di macchina più estese, compensate o no, viene scelta secondo i casi la tensione più conveniente per il funzionamento del relè selettivo. Un resistore inserito permanentemente a chiusura dell'avvolgimento a triangolo del trasformatore di tensione assicura la ohmicità del carico per la tensione di terra dovuta al guasto e con ciò il retto funzionamento dei relè di tensione, e nel medesimo tempo evita eventuali fenomeni di sovratensione per ferrorisonanza. Se si vuole assicurare la protezione al generatore anche quando esso è staccato dalle sbarre, è necessario sovrapporre i due sistemi di protezione, quello per macchine in parallelo con quello per macchine singole. Una possibile soluzione è quella che usa il relè wattmetrico per la selezione del guasto nel caso di macchine in parallelo, come relè di tensione nel caso di macchina isolata, alimentandolo con un trasformatore di tensione posto sul centro stella del generatore connesso al relè solo per interruttore di macchina aperto e creando la fase ausiliaria con l'aiuto di un condensatore (fig. 13).

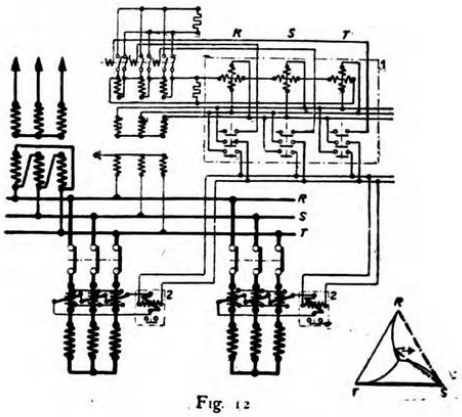


Fig. 12

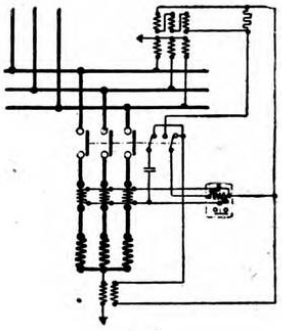


Fig. 13

Fig. 12. — Schema completo per la protezione di terra di alternatori metallicamente in parallelo (protezione del 99 % degli avvolgimenti):

———— alimentazione del relè sensibile 1
—·—·—·— alimentazione del relè selettivo 2

Fig. 13. — Accorgimento per proteggere contro i contatti a terra l'alternatore anche quando sia staccato dalle sbarre (per la protezione di alternatori che possono essere metallicamente in parallelo).

Ancora un'osservazione rimane da fare a proposito del semplice schema figura 4 *a* (eventualmente migliorato secondo schema figura 10 *a*), che è lo schema utilizzato per la protezione di terra per alternatori direttamente allacciati a trasformatori di potenza. Per un contatto a terra sul lato ad alta tensione del trasforma-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tore si può stabilire una corrente attraverso la capacità fra gli avvolgimenti di alta e di bassa tensione del trasformatore stesso, corrente che può determinare, se non si prendono precauzioni, scatti intempestivi della protezione. Per evitare l'inconveniente occorre che la corrente che percorre il relè in questo caso non sia superiore a quella necessaria per il suo funzionamento. Ciò si può ottenere disponendo in parallelo al primario del trasformatore di tensione un resistore di opportuno valore, in modo che della corrente capacitiva in questione (per la cui grandezza è determinante il valore della capacità fra avvolgimenti di alta e bassa tensione del trasformatore di potenza) una parte percorra il resistore anzichè interessare il trasformatore di tensione. Si può determinare il valore ohmico da dare al resistore ammettendo che la capacità fra gli avvolgimenti del trasformatore di potenza sia dell'ordine di 6-7 millesimi di microfarad (tale valore non varia molto da caso a caso coi valori delle tensioni di alta e bassa), trascurando il trasformatore di tensione e imponendo semplicemente che la corrente capacitiva non determini agli estremi del resistore una tensione maggiore di quella necessaria al funzionamento del relè; a maggior ragione il funzionamento sarà in effetto evitato, perchè in presenza del trasformatore la tensione agli estremi del resistore sarà anche minore che senza il trasformatore stesso. Per sensibilità della protezione 90 %, se con V_A e V_B si indicano i valori dell'alta e della bassa tensione, il valore R in ohm del resistore risulta, tenendo conto di un coefficiente 1,2 di sicurezza (fig. 4 *a* e 10 *a*):

$$R = \frac{1}{1{,}2} \cdot \frac{0{,}1 \dfrac{V_B}{\sqrt{3}}}{2\pi f \, 6{,}5 \, 10^{-9} \dfrac{V_A}{\sqrt{3}}} \leq 40\,000 \, \frac{V_B}{V_A}$$

Si potrebbe anche disporre il resistore al secondario del trasformatore anzichè al primario, ma si caricherebbe inutilmente il trasformatore stesso; inoltre il resistore disposto al primario offre una facile via a terra per le onde a fronte ripido che avessero ad essere trasmesse attraverso alla capacità fra avvolgimento di alta e di bassa del trasformatore di potenza e in questo modo risulta meno sollecitato l'isolamento dell'avvolgimento di macchina in caso di onde migranti.

Nel caso che l'alternatore sia connesso a triangolo può essere impiegato lo schema della figura 4 *b*. La tensione di terra varia in questo caso, secondo il punto in cui si verifica il guasto, soltanto nel rapporto da 1 a 2, anzichè da zero a un massimo, come avviene per gli alternatori connessi a stella. Pereiò tutto l'avvolgimento può essere protetto senza particolari accorgimenti. Anche per eliminare l'influenza della terza armonica nessun particolare accorgimento deve essere preso, sia perchè la tensione di terra, come si è già detto, non scende mai a valori prossimi a zero, sia anche perchè l'avvolgimento a triangolo del generatore stesso assorbe quasi completamente la possibile armonica. Per macchine metallicamente in parallelo si realizza la selezione come il solito con uno schema secondo la figura 7.

Protezione contro i cortocircuiti fra spire della stessa fase.

I cortocircuiti fra spire della stessa fase non sono avvertiti da nessuno dei dispositivi di protezione precedenti e contro di essi quindi è necessario provvedere con un sistema di protezione particolare. Se si prescinde da quei dispositivi che non sono generali, ma si possono applicare soltanto in alcuni casi particolari (protezione differenziale trasversale per alternatori con più rami in parallelo per fase e morsetti separati) o quando la costruzione stessa della macchina sia appositamente prevista (confronto di tensioni per alternatori con punto mediano dell'avvolgimento portato esternamente), e che possono essere spontanei solo in caso speciali (gruppi Ljungström), un primo schema su cui può riposare la protezione è quello che sfrutta la differenza di tensione che si manifesta in caso di guasto fra il centro stella della macchina e un centro stella appositamente creato derivando dai morsetti di linea tre impedenze (di valore opportunamente elevato) eguali. Come è ben noto il centro stella delle tre impedenze eguali è necessariamente rappresentato, nel diagramma delle tensioni, dal baricentro del triangolo i cui vertici rappresentano i tre conduttori di linea; le tre tensioni di fase del generatore invece, in caso di cortocircuito fra spire di una stessa fase, non coincidono con le mediante del triangolo e quindi il punto rappresentativo del centro stella del sincrono non coincide col centro stella delle tre impedenze e fra i due centri si manifesta una differenza di tensione che è indice del guasto. Si vede però subito che un carico fortemente squilibrato, come può essere un cortocircuito dissimmetrico in rete, caricando diversamente le fasi dell'alternatore fa sì che le tensioni di fase risultino diverse fra loro e può così essere simulato un cortocircuito fra spire della stessa fase della macchina. Anche i transitori dovuti a manovre o brusche variazioni di carico possono simulare un guasto. Per evitare quindi che la protezione abbia a funzionare intempestivamente è necessario bloccarla con la protezione di massima corrente e ritardarla in ogni caso di qualche secondo.

Un semplice trasformatore di tensione inserito fra i due centri stella, della macchina e delle impedenze, e alimentante un relè di massima tensione (fig. 14 *a*), non realizza però la protezione in ogni caso correttamente. Anche per alternatore sano e caricato in modo equilibrato, fra i due centri stella può manifestarsi egualmente una differenza di tensione, dovuta alla terza armonica eventualmente presente nella forza elettromotrice del generatore. Si può ovviare all'inconveniente, analogamente a quanto si fa per la protezione di terra, o usando filtri, o relè a risonanza, o relè elettrodinamici o ad induzione in cui un avvolgimento sia alimentato da una corrente che non contiene sicuramente la terza armonica. I sistemi a filtro o a risonanza possono però presentare l'inconveniente di cadere in difetto all'avviamento del generatore, quando la terza armonica ha il valore della frequenza fondamentale, e non evitare così scatti intempestivi all'avviamento stesso.

Un secondo schema leggermente diverso dal precedente impiega un trasformatore di tensione trifase a cinque colonne, con primario a stella e relativo centro stella collegato direttamente col centro stella dell'alternatore. Il trasformatore possiede due secondari; uno normale e uno a triangolo aperto; ai morsetti di quest'ultimo compare la tensione risultante delle tre tensioni di fase della macchina e la eventuale tensione terza armonica. Il relè di protezione ad induzione è previsto tripolare, con un avvolgimento allacciato alla tensione che si ha ai morsetti del triangolo aperto e con l'altro alimentato ordinatamente da una delle tre tensioni concatenate; l'influenza della terza armonica è eliminata e solo in caso di guasto uno dei tre relè funziona, indicando anche qual'è la fase guasta (fig. 14 *b*). La connessione fra il centro stella dell'alternatore e quello del trasformatore di tensione non è a terra. La sensibilità è normalmente tale da assicurare il funzionamento della protezione per cortocircuito fra spire che abbraccino almeno il 5 % dell'avvolgimento.

Per macchine collegate a triangolo si può impiegare uno schema che metta in evidenza la corrente di circolazione nel triangolo, conseguenza del guasto. Anche qui è necessario allontanare l'influenza della terza armo-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nica; la soluzione mediante relè ad induzione è rappresentata in figura 15.

La protezione contro i cortocircuiti fra spire della stessa fase non è molto usata; in alcuni casi (alternatori con una sbarra per cava) può essere senz'altro tralasciata. Trattandosi di guasti interni, anche la protezione contro i contatti fra spire della stessa fase deve determinare la diseccitazione della macchina e così via.

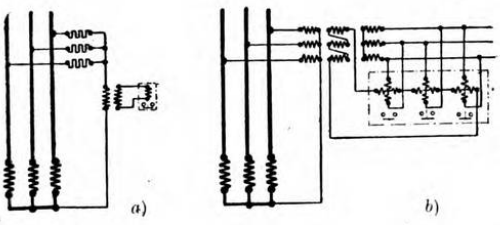


Fig. 14

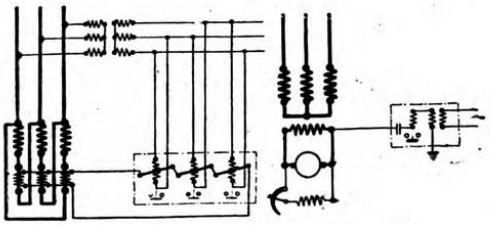


Fig. 15

Fig. 16

Fig. 14. — Protezione contro i contatti fra spire della stessa fase per alternatori con connessioni a stella.

Fig. 15. — Protezione contro i contatti fra spire della stessa fase per alternatori con connessioni a triangolo.

Fig. 16. — Protezione di terra per il rotore degli alternatori.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI A TERRA NEL ROTORE DEGLI ALTERNATORI.

Un contatto a terra nel rotore di un alternatore non provoca al momento nessun inconveniente, ma va avvertito e successivamente eliminato, perchè un secondo contatto a terra avrebbe invece gravi conseguenze, a causa degli squilibri elettromeccanici che possono allora verificarsi. Per avvertire un contatto a terra il modo che si presenta più spontaneo è quello di mettere già a terra in condizioni normali un punto dell'avvolgimento, così che il guasto provochi una corrente nella connessione di terra predisposta e faccia intervenire un relè di massima. La messa a terra deve essere evidentemente prevista attraverso un opportuno resistore, così da limitare la corrente di guasto, altrimenti già il primo contatto accidentale a terra provocherebbe quelle gravi conseguenze che si vogliono evitare. Si può togliere completamente ogni squilibrio anche minimo predisponendo la messa a terra attraverso una capacità anzichè attraverso un resistore e introducendo nel circuito del relè una sorgente ausiliaria a corrente alternata, come rappresentato in figura 16; il contatto accidentale a terra chiude semplicemente il circuito a corrente alternata e fa funzionare il relè di massima. Tutto l'avvolgimento risulta protetto.

PROTEZIONE CONTRO I CONTATTI FRA LE SPIRE E A TERRA NEI TRASFORMATORI.

Sotto certi aspetti un trasformatore, come è noto, si può considerare come una linea concentrata in breve spazio; da questo punto di vista quindi è naturale che lo studio della protezione dei trasformatori rientri in quello più generale della protezione delle reti. In particolare questo si può dire per la protezione di massima corrente e per la protezione di terra; circa la realizzazione selettiva di queste due protezioni si rimanda quindi alle trattazioni delle protezioni di rete. Rimangono le protezioni che si connettono al fatto che il trasformatore, anche se è assimilabile sotto certi aspetti ad una linea, è pur sempre concentrato in breve spazio: esse sono la protezione differenziale, quella contro i contatti fra spire della stessa fase e, per i trasformatori in olio, la protezione basata sullo sviluppo di gas (Buchholz) o quella basata sulla produzione di onde elettromagnetiche (Bethénod).

Queste due ultime protezioni, selettive e molto sensibili, sono affatto generali ed intervengono qualunque sia il tipo di guasto verificatosi, purchè esso provochi sviluppo di gas e un arco elettrico e purchè si verifichi nell'interno del cassone. Anche il compito di avvertire i contatti fra spire della stessa fase è di solito affidato a questi tipi di protezione, particolarmente alla prima, che è molto diffusa, sebbene siano applicabili a questo scopo le protezioni specifiche già viste per gli alternatori (figg. 14 e 15); queste ultime però difficilmente hanno la sensibilità sufficiente per intervenire in caso di contatto fra spire contigue, cioè proprio nel caso in cui la corrente di cortocircuito, essendo maggiore, può dare anche luogo al maggior danno.

Circa la protezione differenziale dei trasformatori poco c'è da aggiungere a quanto si è già detto a proposito degli alternatori. Si adotteranno sempre relè differenziali percentuali ritardati di qualche decimo di secondo, con un ulteriore piccolo ritardo, pure di qualche decimo di secondo, all'inserzione del trasformatore, se esso può essere messo bruscamente in tensione; in questo modo si realizza il maggior ritardo in corrispondenza del più gravoso dei transitori, pur mantenendo il ritardo al valore minore nei casi in cui è sufficiente. Il ritardo aggiuntivo può essere determinato dalla manovra di un contatto ausiliario sugli interruttori con cui si mette in tensione il trasformatore. Rimane da aggiungere una osservazione sul modo di inserire i riduttori di corrente d'alimentazione dei relè: come è noto vale la regola generale che i riduttori di corrente posti su un avvolgimento a stella devono essere collegati fra loro a triangolo e su un avvolgimento a triangolo devono essere collegati fra loro a stella. Consideriamo per esempio il caso semplice di un trasformatore stella-stella con neutro a terra (fig. 17 *a*); la necessità di collegare a triangolo i riduttori sia su un lato che sull'altro del trasformatore può a prima vista non apparire in questo caso evidente: la necessità nasce dalla condizione di selettività per contatti a terra sulla linea connessa all'avvolgimento con neutro a terra. Come è facile vedere, nel caso che si verifichi un guasto esterno di questo genere le correnti di ogni fase sul lato a stella con neutro isolato del trasformatore non sono legate alle correnti della rispettiva fase sull'altro lato dal rapporto di trasformazione e ciò per l'impossibilità di stabilirsi, sul lato con neutro isolato, delle correnti di sequenza zero. L'inserzione dei riduttori di corrente a stella provocherebbe quindi, nel caso contemplato, uno scatto intempestivo; l'inserzione dei riduttori a triangolo non permette invece alla corrente di sequenza zero di giungere al relè differenziale e riporta la normalità nella protezione. Nell'altro caso di avvolgimento triangolo-stella con neutro a terra del trasformatore di potenza (fig. 17 *b*) le connessioni dei riduttori di corrente come detto sopra hanno anche lo scopo di compensare la rotazione di 30° (per il gruppo 11) o di 150° (per il gruppo 5) fra le grandezze corrispondenti del primario e del secondario del trasformatore. La protezione differenziale dei trasformatori a tre avvolgimenti si riporta molto semplicemente al caso generale.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

I dispositivi di protezione contemplati per i trasformatori provocano in genere lo scatto degli interruttori sui due lati del trasformatore; la protezione Buchholz, per leggeri sviluppi di gas, anche solo la segnalazione.

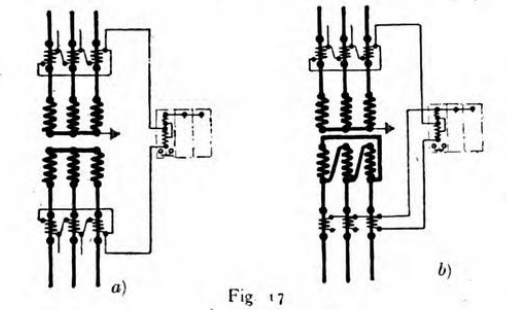


Fig. 17

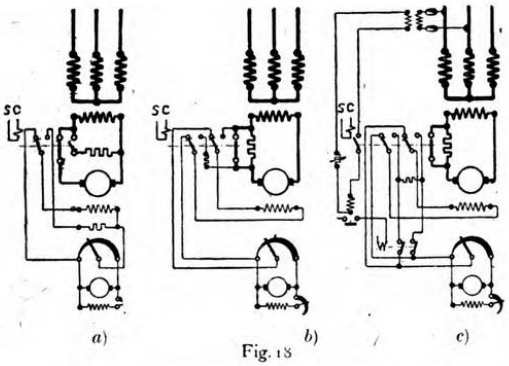


Fig. 18

Fig. 17. — Protezione differenziale per trasformatori.

Fig. 18. — Sistemi di diseccitazione rapida: *a*) mediante resistore; *b*, *c*) ad azione motorica; *c*) rapida ed integrale.

DISECCITAZIONE DEGLI ALTERNATORI.

Scopo della diseccitazione è di ridurre nel più breve tempo possibile la forza elettromotrice nell'alternatore, anzi possibilmente di annullarla integralmente, perchè anche un residuo di tensione può risultare dannoso quando si è adescato un guasto nell'avvolgimento. Per raggiungere lo scopo occorre annullare l'energia elettromagnetica accumulata nel circuito di campo dell'alternatore o meglio, dato che l'energia non si distrugge, trasformarla in un'altra forma. Un calcolo elementare convince subito che per trasformare in breve tempo tale energia magnetica occorre mettere in gioco, per quei brevi istanti, una potenza non trascurabile. Quindi le possibilità di una rapida diseccitazione sono legate in definitiva al peso e quindi al costo dei mezzi che si hanno a disposizione a questo scopo. Anche però se in questo senso non ci ponessimo limitazioni, una limitazione è sempre imposta al problema: la sollecitazione per sovratensione nel circuito di campo. Ciò che è a vantaggio della rapidità è qui a svantaggio della sollecitazione dell'isolamento e viceversa. In regime normale di eccitazione un solo circuito è percorso da corrente oltre a quello dell'indotto: il circuito di campo. Sembrerebbe quindi molto semplice aprire questo circuito per diseccitare l'alternatore. Però, come è ben noto, questa operazione semplicistica non è ammissibile, almeno nei casi normali, a prescindere dalla potenza per cui dovrebbe essere previsto l'interruttore, appunto per le sovratensioni che entrerebbero in gioco. Inoltre quando si tende ad annullare questo corrente d'eccitazione allora nascono, per ostacolare la variazione di flusso, altre correnti nell'eventuale gabbia smorzatrice e nelle parti massiccie dell'alternatore.

Le vie che si seguono per la diseccitazione rapida sono due: si trasforma l'energia magnetica o in energia termica mediante resistori, o in energia meccanica, restituita sull'albero del gruppo, facendo funzionare l'eccitatrice come motore. Secondo il primo modo si inserisce nel circuito di campo dell'alternatore un resistore di opportuno valore (fig. 18 *a*), in modo che le sovratensioni al primo istante siano ancora ammissibili. In definitiva si diminuisce la costante di tempo del circuito d'eccitazione. Di solito quello che si fa in questo caso per il circuito di campo dell'alternatore si fa anche per l'eccitatrice principale, che per la mancanza improvvisa del suo carico naturale, per l'eventuale aumento di giri del gruppo a seguito del distacco del carico e per l'intervento del regolatore di tensione, porterebbe la sua tensione a valori troppo alti. L'azione del resistore è molto energica all'inizio della diseccitazione, quando la corrente che lo percorre è notevole, ma poi diventa sempre più blanda e la coda del fenomeno è teoricamente interminabile e la tensione tende assintoticamente al suo valore residuo. Si potrebbe aumentare la rapidità della diseccitazione se si potesse aumentare a poco a poco automaticamente il valore del resistore; la cosa è realizzabile molto semplicemente se si prevede il resistore in ferro o in ghisa e lo si calcola termicamente scarso, così che salga a temperature piuttosto alte: il coefficiente di temperatura pensa a realizzare l'automaticità. Naturalmente occorre una costruzione conveniente del resistore. Rientra in questo primo modo di ottenere la diseccitazione per via termica anche quello proposto di mettere in cortocircuito i morsetti di statore dell'alternatore e far così concorrere anche questo rame alla diseccitazione. Il modo è piuttosto brutale ma le macchine d'oggi potrebbero sopportare, se si facesse in modo che la cosa si verifichi solo nei casi in cui è strettamente necessario, questo sforzo.

L'altro modo di diseccitazione fa funzionare l'eccitatrice principale come motore invertendone l'eccitazione. In definitiva si verrebbe a cambiare, anzichè la costante di tempo del fenomeno, il suo valore di regime. Il metodo per azione motorica si impiega però contemporaneamente al metodo per resistore e si influisce così contemporaneamente sulla costante di tempo e sul valore di regime. Il funzionamento della eccitatrice come motore può essere ottenuto in due maniere: secondo la prima (Santuari) l'eccitazione dell'eccitatrice in regime di motore si fa diminuire progressivamente, prelevando la tensione d'eccitazione dal circuito di campo dell'alternatore a cavallo del resistore di diseccitazione (figura 18 *b*). Se il metodo ha il vantaggio di far cessare l'azione motorica automaticamente in modo naturale, l'azione diseccitante diminuisce però via via sempre più e quindi la coda del fenomeno anche qui non è troncata. La seconda maniera usa la eccitatrice principale come motore controeccitandola con la stessa eccitatrice ausiliaria (fig. 18 *c*). Qui la coda del fenomeno è bruscamente troncata; è anzi eliminato anche il magnetismo residuo e la diseccitazione è quindi integrale. Il metodo esige, come segnato nello schema, l'impiego di un relè di tensione, che senta quando è il momento di arrestare la diseccitazione, per non creare addirittura una tensione di segno contrario; il sistema è già stato applicato a macchine per una potenza complessiva di più di 170 MVA, con risultati che hanno confermato ogni aspettativa. Il magnetismo residuo può essere eliminato anche con schemi del tipo di quello della figura 18 *b*; in particolare si può prelevare la tensione di controeccitazione anzichè a cavallo del resistore, a cavallo del complesso resistore-dinamo principale (Rüdenberg). Per-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

chè la diseccitazione sia integrale è necessario in questi casi che il fenomeno assuma carattere oscillatorio; la polarità dell'eccitatrice può risultare però alla fine anche invertita rispetto alla polarità normale, il che rappresenta in alcuni schemi un inconveniente. Si possono infine concepire anche schemi in cui oltre a far funzionare come motore l'eccitatrice principale, si sfrutta in questo senso anche l'eccitatrice ausiliaria.

OSSERVAZIONI.

L'impiego o meno dei diversi sistemi di protezione dipende dal valore delle macchine che si vogliono proteggere o meglio dall'importanza che si annette loro. Agli alternatori normalmente non si lasciano mancare, oltre alla protezione di massima corrente che completa la protezione di rete, la protezione differenziale e quella di massima tensione, nonchè il dispositivo di diseccitazione. Sebbene in alcuni casi, come si è visto, la realizzazione non sia semplicissima, sarebbe poi bene non mancasse mai anche la protezione di terra. Se infine il capitale investito è notevole, saranno presenti anche le altre provvidenze. Si possono fare le seguenti osservazioni di ordine generale:

1°) Le tre protezioni differenziali, di terra e contro i contatti fra spire della stessa fase hanno campi di funzionamento distinti, per cui il loro impiego contemporaneo non è superfluo, ma anzi è necessario. Contro i contatti a terra (per alternatori con neutro isolato) è specifica la protezione di terra, contro i cortocircuiti fra le fasi la protezione differenziale, contro i cortocircuiti fra spire della stessa fase la relativa protezione.

2) È bene che gli alternatori, anche quelli di minor potenza, abbiano sei morsetti di statore, cioè le tre fasi aperte. In questo modo contro i cortocircuiti fra le fasi si possono impiegare, secondo l'importanza che si annette al generatore, o i relè di massima corrente o i relè differenziali; diversamente o non è possibile proteggere con sicurezza la macchina contro i cortocircuiti fra le fasi (sincrono unico sulla rete) o è possibile, ma solo in maniera grossolana (relè a ritorno d'energia).

3) Per alternatori di maggior potenza, per cui si vuol applicare molto opportunamente la protezione di terra, la realizzazione di questa protezione si presenta semplicissima quando ogni generatore costituisca una unità inscindibile col suo trasformatore elevatore o in altre parole le macchine siano in parallelo sull'alta; in caso diverso si va incontro a qualche complicazione. Perciò la disposizione predetta dovrebbe godere di una particolare preferenza anche per riguardo alle protezioni.

Per quanto riguarda i trasformatori, oltre alle protezioni che completano la protezione di rete, non si lascia mai mancare loro la protezione Buchholz. Se si tratta di trasformatori di distribuzione anche la protezione termica dovrebbe essere sempre presente. Infine se il trasformatore è grosso anche la protezione differenziale non dovrebbe mancare. Al proposito si mette in evidenza che protezione Buchholz e protezione differenziale, oltre che realizzare reciprocamente una sempre utile riserva, non hanno un campo di funzionamento perfettamente coincidente: infatti la protezione differenziale interviene anche per guasti esterni al cassone, cosa che la protezione Buchholz evidentemente non fa, mentre quest'ultima avverte anche i contatti fra spire della stessa fase.

BIBLIOGRAFIA

DALLA VERDE A.: « Protezioni contro i guasti interni nelle centrali elettriche ». - *L'Elettrotecnica*, 25 febbraio 1937 e relativa bibliografia.

SANTUARI E.: « Alcune considerazioni sui sincroni e sugli asincroni ». - A.E.I., 1931.

DIESENDORF W. e GROSS E.: « Zur Theorie der Pohl'schen Nullpunktsverlagerung für vollständigen Gehäuseschlusschutz ». - *E.u.M.*, 31 maggio 1936.

CONTRIBUTO ALLA TEORIA ED ALLA CALCOLAZIONE DEGLI OHMMETRI

GIOVANNI RUTELLI

Si sviluppa un'analisi del comportamento di vari circuiti ohmmetrici in considerazione della diffusa applicazione dell'ohmmetro in misuratori portatili di tipo professionale particolarmente richiesti nella Elettrotecnica delle Comunicazioni. Si espongono successivamente alcuni criteri da seguire nel proporzionamento di codesti dispositivi.

I. — PREMESSA.

Nelle disposizioni sperimentali fisse l'uso dell'ohmmetro non è tanto diffuso, preferendosi adottare altri apparecchi i quali, ancorchè non offrano nelle misure di resistenze la comodità e speditezza del primo, permettono precisioni, o meglio approssimazioni più spinte.

Nei misuratori universali — apparecchi destinati a misure di tensioni, correnti, capacità e resistenze — oggi specialmente richiesti nella Tecnica delle comunicazioni elettriche, l'ohmmetro trova largo impiego.

Allorchè si tratti di modelli « professionali », cioè di tipi destinati a misure precise, il proporzionamento della parte ohmmetrica deve ad un tempo tener conto della esattezza e del consumo in quanto quest'ultimo requisito è legato alla possibilità di usare sorgenti di limitato ingombro, non essendo al contempo escluse costanza e durata.

Così, come d'altri dispositivi e metodi, ritenuti ad un certo momento sorpassati e poi rielaborati e restituiti all'onore dell'uso, l'ohmmetro è sembrato meritevole di studio approfondito.

La teoria qui esposta ha permesso di fare l'esame comparativo delle caratteristiche di vari possibili circuiti ohmmetrici e sembra atta, sia a rispondere a svariati quesiti d'indole generale che si possono porre nel loro dimensionamento, sia a rappresentare una guida per lo studio di nuovi sistemi.

II. — EQUAZIONI DI CIRCUITI OHMMETRICI E LORO INTERPRETAZIONI GEOMETRICHE ED ELETTRICHE.

1. - *Resistenze di medio ed alto valore.*

Il principio dell'ohmmetro si stabilisce facilmente in base al semplice circuito di fig. 1 contenente in serie con la resistenza incognita R_x una sorgente di f.e.m. E, una resistenza ϱ comprendente tutte le resistenze fisse del circuito, ed un reometro di tipo amperometrico.

Se E e ϱ sono costanti, detta J la corrente nel ramo reometrico, si avranno per ogni valore R_x corrispondenti deviazioni dall'indice del reometro le quali permetteranno di risalire ai valori R_x, anzi di segnare addirittura sulla graduazione dell'istrumento una taratura in ohm (1) secondo la relazione:

$$[1] \qquad R_x = \frac{E - \varrho J}{J},$$

(1) A codesto scopo, ove non si disponga di una resistenza campione a variazione continua e sufficientemente precisa da porre al posto di R_x in sede di taratura, si potrà per ogni valore di J letto su un indicatore ausiliario campione, calcolare R_x in base alla [1] e segnare il valore in ohm sull'indicatore di dotazione all'apparecchio.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dove:

$$[2] \qquad \varrho = R + \frac{r_i \cdot r_d}{r_i + r_d} .$$

Se assumiamo un sistema d'assi o (R_x, ϱ, J), fig. 2, la [1] è rappresentata da un segmento di cilindro iperbolico ad asse orizzontale e formante con la bisettrice del primo diedro coordinato un angolo retto.

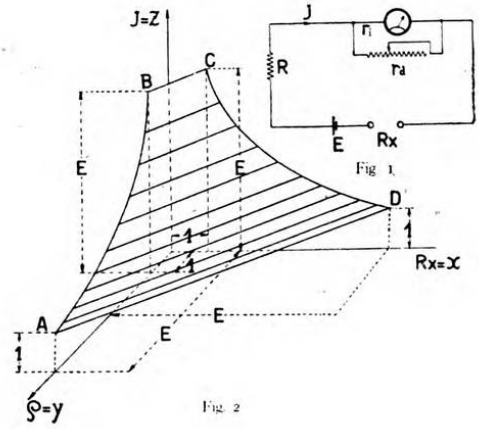


Fig. 2

Posto infatti:

$$[3] \qquad R_x = x \quad , \quad \varrho = y \quad , \quad J = z ,$$

la [1] si scrive:

$$[4] \qquad z\,y + z\,x - E = 0$$

I punti:

$$[5] \quad \begin{cases} A\ (x = 0, y = E, z = 1), B\ (x = 0, y = 1, z = E), \\ C\ (x = 1, y = 0, z = E), D\ (x = E, y = 0, z = 1), \end{cases}$$

appartengono al cilindro [4].

Le tracce di esso sui piani di equazione $x = 0$ e $y = 0$ sono rispettivamente le iperboli equilatere, riferite agli assintoti, di equazione:

$$[6] \qquad z\,y = E \quad , \quad z\,x = E$$

e la traccia su piani di equazione $z = C$ (C = cost.) è il fascio di rette:

$$[7] \quad \begin{cases} x + y - a = 0 \quad , \quad (a = E/C). \end{cases}$$

Se si assume E come parametro, la [4] rappresenta una famiglia di cilindri i quali al diminuire di E, assumeranno posizioni via via più vicine al piano (x, y) e viceversa nel caso in cui E cresca.

Tali cilindri nel primo caso vanno restringendosi e nel secondo allargandosi attorno all'asse focale dell'iperbole generatrice, come s'è cercato di rappresentare in fig. 3.

Nella realtà fisica, poichè quando $R_x = 0$, rimane in circuito (fig. 1) la resistenza della pila ed inoltre non si ha mai $\varrho = 0$ (dacchè, anche per $R = 0$, rimarrà sempre la resistenza dell'indicatore), discende che i punti B e C (fig. 2) giacenti sui piani coordinati hanno significato puramente geometrico, ed infatti la parte di cilindro avente significato fisico non tocca i piani $y = 0$ ed $x = 0$, ma viene limitata ai piani $y = \varrho_0$ ed $x = R_p$ (dove ϱ_0 è la minima resistenza $R + \varrho$ ed R_p è la resistenza della pila).

Nel caso che in corrispondenza ad un valore di ϱ si abbiano due diversi valori di E, si otterrebbero curve come in fig. 4 ed invece, se per E = cost., si tagliasse il nostro cilindro con piani ϱ = cost., per due diversi valori della costante si avrebbero le curve di fig. 5. In entrambe le dette figure ci ha interessato mettere in rilievo il diverso andamento dei diagrammi al variare del valore del parametro.

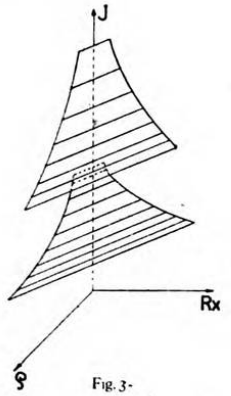


Fig. 3

In grazia della simmetria con cui R_x e ϱ compaiono nella equazione:

$$[8] \qquad J = E/(\varrho + R_x)$$

relativa allo schema di fig. 1, si può prevedere che gradiente g e curvatura C avranno equazioni parimenti simmetriche rispetto alle due menzionate variabili, come infatti risulta scrivendone le relative espressioni:

$$[9] \qquad g = -E\,(R_x + \varrho)^{-2}$$

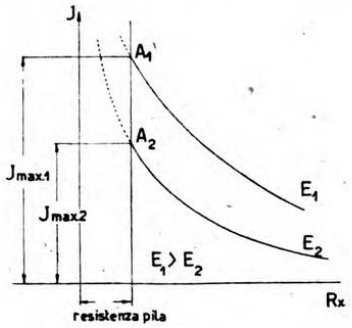


Fig. 4

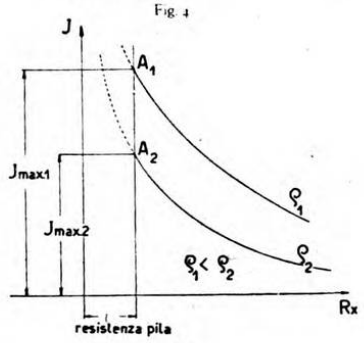


Fig. 5

Biblioteca nazionale centrale di Roma

$$[10] \qquad C = \frac{2E}{\left[(R_x + \varrho) + \frac{E^2}{(R_x + \varrho)^2}\right]^{3/2}}.$$

Si deducono le seguenti proprietà, secondo quanto s'è cercato di rappresentare in fig. 4 e 5.

Accrescimenti di E provocano un aumento di pendenza ed una diminuzione di curvatura delle caratteristiche di fig. 4, circostanze queste da tener presenti se si desidera conseguire rispettivamente aumenti di sensibilità e di precisione.

Accade esattamente l'opposto se si diminuisce E. Osservando la fig. 5 si vede che effetti analoghi si possono ottenere agendo inversamente su ϱ, cioè su una od entrambe le resistenze che compongono questo parametro.

Si può altresì rilevare, sempre in virtù delle equazioni [9] e [10], che ove si desideri diminuire E per ragioni d'ingombro o di risparmio, si possono (entro certi limiti) compensare le diminuzioni di precisione relative ad una certa zona di valori R_x mediante concomitanti diminuzioni di ϱ le quali potranno essere fatte in proporzione minore di quelle di E in virtù del maggiore esponente con cui ϱ figura rispetto ad E.

Osservando ancora l'andamento dei diagrammi di fig. 4 e 5, si deduce che la zona più propizia alle misure è quella centrale perchè, per valori piccoli di R_x, variazioni anche modeste di quest'ultima grandezza potrebbero produrre variazioni forti di J, e quindi movimenti dell'indice nella regione della scala dove è alta la imprecisione di lettura (2). Reciprocamente, per valori elevati di R_x, variazioni anche rilevanti della stessa grandezza provocherebbero modeste deviazioni dell'indice nella zona estrema della scala e quindi si avrebbero scarsa sensibilità della misura e notevole imprecisione di taratura.

Il campo dell'apparecchio si può aumentare specialmente verso gli alti valori di R_x, diminuendo ϱ, ma è interessante notare che così facendo — ad esempio passando da una caratteristica di parametro ϱ_2 ad una di parametro ϱ_1 ($\varrho_1 < \varrho_2$) — a pari variazioni specifiche $\Delta R_x / R_x$, si verrebbe ad interessare una zona più ripida di una caratteristica più lontana dall'asse delle R_x, mentre a pari corrente si misurerebbero resistenze più alte (fig. 5).

È chiaro che aumenti di E e diminuzioni di ϱ non sono attuabili illimitatamente per ragioni di trasportabilità (peso ed ingombro dell'apparecchio) per quanto riguarda il primo parametro, e senza incorrere in correnti e consumi di pile eccessivi per quanto riguarda il secondo, anche a prescindere dalla convenienza di mantenere entro certi limiti le portate dell'indicatore.

Concludendo, il circuito di fig. 1 sarebbe adatto alla misura di medie ed alte resistenze e cioè da qualche migliaio a qualche centinaio di migliaia di ohm, allorchè si utilizzino indicatori di alcune centinaia di μA massimi.

Si possono intanto dedurre le seguenti relazioni d'interesse pratico: in corrispondenza ad $R_x = 0$ si ha massima deviazione e la [1] dà:

$$[11] \qquad J_{max} = E/\varrho,$$

mentre per $R_x = \varrho$ si ha:

$$[12] \qquad J = J_{max}/2$$

e l'indice va a metà scala. Per valori crescenti di R_x, l'indice tende alla posizione « zero-corrente » senza teoricamente raggiungerla mai e dalla [1] per la [11] si ha ancora:

$$[13] \qquad R_x = \frac{\varrho\,(J_{max} - J)}{J}$$

(2) G. RUTELLI: *A. F.*, 1944, XIII, N. 2.

Osserviamo infine che la [1] dà utili informazioni anche per il caso che si desiderino fare misure « volt-ohmmetriche), anzichè amperohmmetriche: se infatti si costituisse un circuito contenente in serie una pila di f.e.m. E, una resistenza incognita R_x ed un voltmetro di resistenza interna ϱ, trascurando altre resistenze presenti in circuito, si avrebbe (3):

$$[14] \qquad R_x = \varrho\,(E/V - 1)$$

la quale precisa la possibilità di effettuare misure e tarature ohmmetriche in base a letture voltmetriche, il che a bassi valori della resistenza incognita farebbe corrispondere alti valori della grandezza V e viceversa.

Evidentemente si dovrebbero usare strumenti sensibili e delicati e ciò potrebbe spiegare il fatto che non sembra si sia pensato d'impiegare questo metodo in riguardo al quale la simiglianza della [14] con la [1'] indica essere possibile di fare considerazioni analoghe a quelle cui la seconda equazione ha dato luogo.

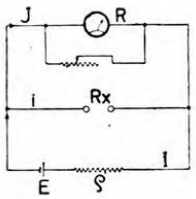


Fig. 6

2. - *Circuiti adatti alla misura di piccole resistenze.*

Si può pensare ad uno schema come quello di fig. 6, nel quale la sorgente di f.e.m. e la resistenza incognita, rispetto al ramo contenente il reometro sono disposte in parallelo, anzichè in serie, in modo che il ramo contenente l'istrumento potrà essere attraversato da correnti non eccessive anche per piccolissimi valori R_x. Con le notazioni della fig. 7 si ha:

$$[15] \qquad \begin{cases} E = R_x\, i + \varrho\, I, \\ E = \varrho\, I + R\, J. \end{cases}$$

Intanto poichè (4):

$$[16] \qquad I = J\,(R/R_x + 1),$$

dalla [15]$_2$ otteniamo successivamente:

$$[17] \qquad E = R\,J + \varrho\,(R/R_x)\,J + \varrho\,J,$$

$$[18] \qquad J = \frac{E}{R - \varrho + \varrho\,R/R_x}.$$

Se poniamo:

$$[19] \qquad J = z \quad , \quad R_x = x \quad , \quad \varrho = y \quad , \quad R = a,$$

la [18] opportunamente trasformata diviene:

$$[20] \qquad a\,x\,z + x\,y\,z + a\,y\,z - E\,x = 0$$

la quale è rappresentata da una superficie del terz'ordine le cui tracce sui piani coordinati sono iperboli (fig. 7). L'asse y tocca in tutta l'estensione la superficie (5).

(3) Basta sostituire nella [1'] al simbolo J l'espressione V/ϱ se ϱ è la resistenza interna dell'istrumento per ipotesi senza riduttore.

(4) Basta scrivere: $i/I = R/R_x$ ed applicare il componendo.

(5) Nel piano $y = b$ si ha:

$$(a + b)\,xz + abz - Ex = 0,$$

nel piano $x = c$ è:

$$acz + (a + c)\,yz - Ex = 0,$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Le sezioni della superficie fatte con piani y = cost. hanno l'andamento che s'è cercato di rappresentare in figura 8. Il caso $y = 0$ non corrisponde a realtà fisica in quanto nel ramo della pila rimarrà sempre la resistenza della sorgente. Si deve pertanto considerare l'anzidetta superficie limitata ad un piano di equazione y = cost. in cui la costante è appunto codesta resistenza.

Le variazioni di E, $\varrho = y$ ed $R = a$ (le ultime due agiscono in modo perfettamente simmetrico) influiscono sui caratteri delle curve (gradiente o pendenza, curvatura) secondo l'andamento dei diagrammi di fig. 8, dove quelli contrassegnati con 1, 2 e 3 si riferiscono a valori ϱ decrescenti.

L'assintoto sul piano $y = b$ è una retta parallela all'asse x la cui intercetta su z, ha valore $E/(a+b)$.

Nella [18], per R_x grandissimo è $J = J_{max}$ e si ha:

$$[19] \qquad E = (\varrho + R)\, J_{max}$$

e per paragone con la [18]:

$$[20] \qquad R_x = \frac{J}{k\,(J_{max} - J)},$$

con

$$[21] \qquad k = 1/R + 1/\varrho\,.$$

Notiamo che le espressioni [20] e [13] sono in certo senso duali nella struttura.

Nel circuito di fig. 6 a resistenze R_x crescenti corrispondono correnti J crescenti; esso è adatto, secondo dimostra l'andamento dei diagrammi di fig. 9 a valori piccoli di R_x per i quali la J ha un andamento ripido a volontà agendo su ϱ.

Le scale per un certo intervallo $0 - R_x$ hanno andamento poco discosto da quello lineare e l'intervallo $0 - R_x$ mediante giudiziosa scelta di ϱ può essere convenientemente dimensionato.

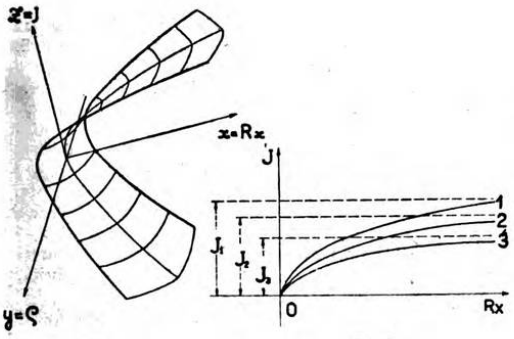


Fig. 7

Fig. 8

3. - *Resistenze di piccolo e medio valore.*

Ad un interessante risultato ci può condurre l'osservazione che, se nel circuito di fig. 6 scambiamo la posizione della resistenza R_x con quella di ϱ, cioè riportiamo la resistenza incognita nel ramo contenente la pila, ciò equivarrà nella fig. 7 a scambiare gli assi x ed y.

In altri termini, con l'indicata interpretazione geometrica dello scambio circuitale, ci dovremo attendere sul piano (J, R_x) nuovamente delle iperboli volgenti la convessità all'asse R_x, cosicchè, pur essendo ora il nostro sistema adatto alla misura delle resistenze piccole, perchè sempre del tipo « in derivazione », esso assumerà le caratteristiche dello schema fig. 1 come conseguenza dell'andamento dei diagrammi $J(R_x)$, riproducendone i pregi di sensibilità, precisione ed estendendo altresì il campo di misura alle resistenze medie.

Si deduce che la zona delle resistenze incognite medie è « in comune » ai due schemi fig. 9 e fig. 1, mentre essi diversificano nell'attitudine alla misura dei valori estremi di cui si dividono per così dire i relativi campi (6).

Nell'equazione [26] per $R_x = 0$ è $J = J_{max}$, onde essa dà:

$$[28] \qquad E = R\, J_{max}$$

e per paragone fra [28] e [26] segue:

$$[29] \qquad R_x = \frac{A\,(J_{max} - J)}{J} \quad ; \quad \left(A = \frac{R}{1 + (R/\varrho)}\right).$$

La somiglianza della [29] con la [13] è in accordo col fatto che il funzionamento dello schema di fig. 9, pur essendo rappresentato da una superficie caratteristica simile a quella dello schema di fig. 6, ma ruotata di 90° attorno all'asse $z = J$, presenta per una zona intermedia di valori R_x attitudini analoghe allo schema di fig. 1 del quale conserverà anche il tipo di scala indicatrice.

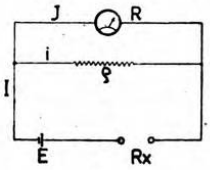


Fig. 9

4. - *Un circuito « omnibus ».*

Un circuito, il quale — mantenendo come negli schemi fig. 1 e 9 la f.e.m. e la resistenza incognita R_x in serie — si presta alla misura di entrambi gli ordini di grandezza delle resistenze, potrebbe essere quello di fig. 10.

Si può infatti affermare che se l'attacco P è fatto in un punto intermedio del resistore ac, il circuito avrà le caratteristiche dello schema di fig. 9 (resistenze basse) e, se invece, è fatto ad una estremità, si avranno le attitudini dello schema di fig. 1, cioè verso alti ordini di resistenze.

In pratica potrà esser consigliabile di adottare più punti di attacco P, ma intanto, per discutere la teoria del cir-

---

ed in quello $z = h$:

$$ahx + hxy + ahy - Ex = 0\,,$$

e si tratta d'iperboli. La verifica del senso di curvatura e delle singolarità di codeste coniche (convessità, concavità, assintoti sui piani di giacitura) dimostra la disposizione della superficie di fig. 7.

Per $x = 0$ e per qualunque valore di y è $z = 0$.

(6) Si ha infatti dalla fig. 9:

$$[22] \qquad E = R_x I + \varrho\, i\,,$$

$$[23] \qquad i = (R/\varrho)\, J\,,$$

$$[24] \qquad I = (1 + R/\varrho)\, J\,.$$

Mediante sostituzione in [22]:

$$[25] \qquad E = R_x\,(R/\varrho + 1)\, J + R\, J\,,$$

da cui:

$$[26] \qquad J = \frac{E}{R_x R/\varrho + R_x + R}\,.$$

Facendo le posizioni:

$$[27] \qquad J = z \;,\quad R_x = y \;,\quad \varrho = x \;,\quad R = a\,,$$

simili alle [19] col solo scambio di x ed y, otteniamo ancora la equazione [20] e la superficie di fig. 7.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

cuito, ci limiteremo a due soli punti di cui l'uno intermedio (fig. 10) e l'altro estremo (fig. 11).

a) Valori bassi della resistenza incognita.

Con riferimento alla fig. 10, il primo principio di Kirkhhoff applicato alla maglia *EPa* fornisce:

$$[30] \qquad E = (R_x + \varrho')\, I + \varrho\, i\,,$$

mentre dalla maglia *aPcgh*, si ha:

$$[31] \qquad \varrho\, i = (R + r_s)\, J$$

e poichè (7):

$$[32] \qquad I = J\,\frac{R + r_s + \varrho}{\varrho}\,,$$

dalla [30] si deduce:

$$[33] \qquad E = J\,(R_x + \varrho')\frac{R + r_s + \varrho}{\varrho} + J\,(R + r_s)\,.$$

Posto:

$$[34] \qquad \varrho' = a\ ,\ R + r_s = b\ ,\ a + b = R + r_s + \varrho = c$$
$$R_x = x\ ,\ J = z\ ,\ \varrho = y\,,$$

scriveremo la [33] così:

$$[35] \qquad -E\,y + x\,y\,z + c\,y\,z + b\,x\,z + a\,b\,z = 0\,.$$

È facile riconoscere che siamo condotti ad una superficie algebrica del terz'ordine disposta come in fig. 12 con l'asse x appartenente alla superficie stessa.

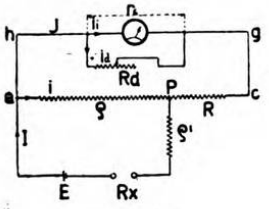


Fig. 10

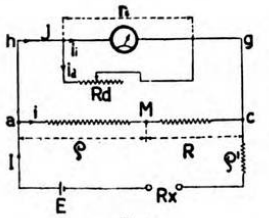


Fig. 11

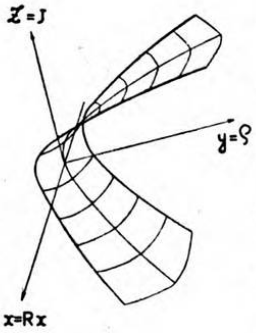


Fig. 12

Rimane pertanto dimostrato che il nostro circuito si comporta come quello di fig. 9 ed è cioè adatto alla misura di valori medi e bassi di resistenza.

Se si prescinde da alcune proprietà elettrogeometriche (8) si possono tuttavia dedurre delle formule di possibile utilità pratica.

Per $R_x = 0$ dalla [33] si ottiene:

$$[36] \qquad E = J_{max}\,\left\{\,\varrho' + [1 + \varrho'/\varrho]\,(R + r_s)\,\right\}$$

e per paragone con la [33] si trae:

$$[37] \qquad R_x = \frac{J_{max} - J}{J}\left[\varrho' + \frac{\varrho\,(R + r_s)}{R + r_s + \varrho}\right].$$

Rileviamo che se: $\varrho \ll R + r_s$, risulta:

$$[37'] \qquad R_x = \frac{J_{max} - J}{J}\,(\varrho' + \varrho)\,,$$

la quale ha la medesima forma della [13] del n. 1 relativa allo schema di fig. 1 e della [29] del n. 3 spettante al circuito di fig. 9.

b) Valori alti della resistenza incognita.

Se applichiamo il primo principio di Kirkhhoff alla maglia *aEgh* di fig. 11, si ha:

$$[38] \qquad E = I\,(R_x + \varrho') + J\,r_s\,,$$

ma è anche (9):

$$I = J\,\frac{r_s + \varrho + R}{\varrho + R}$$

e sostituendo in [38]:

$$[39] \qquad E = J\left[r_s + (R_x + \varrho')\,\frac{r_s + \varrho + R}{\varrho + R}\right].$$

Se poniamo:

$$[40] \qquad \varrho' = z\ ,\ R + r_s = b\ ,\ r_s = h\ ,\ \varrho = y\ ,\ J = z\ ,$$
$$R_x = x.$$

si deduce l'equazione:

$$[41] \qquad -E\,y + x\,y\,z + b\,x\,z + (a\,b + c\,h)\,z + (a + b)\,y\,z - $$
$$- E\,c = 0$$

che rappresenta una superficie analoga a quella di fig. 12 e di equazione [35] e relativa al circuito di fig. 10. Si possono tuttavia notare delle differenze.

La superficie rappresentativa della [41] non contiene alcun asse coordinato.

A pari valori di R_x, r_s, R ed E, si hanno ora valori J più elevati di quelli relativi alla fig. 12 (schema fig. 10) come si può facilmente verificare risolvendo rispetto J le equazioni [33] dello schema fig. 10 e [39] di fig. 11, e come peraltro s'intuisce dopo una rapida ispezione dei circuiti.

Vorrà dire che a pari valori di J si potranno misurare resistenze R_x più elevate col secondo che non col primo schema.

In conclusione il circuito di fig. 11, come già quello di fig. 10 si comporta qualitativamente [forma della caratteristica $J(R_x)$] come quello di fig. 9, ma a parità di tutti i parametri dei circuiti di fig. 10 e 11, nonchè di E, la mappa delle iperboli $J(R_x)$ aventi eguale parametro ϱ ed appartenenti alla superficie di fig. 12, è tale che allorchè quest'ultima rappresenta il circuito di fig. 11 i valori J corrispondenti ad ogni R_x saranno più alti di quelli che si hanno quando l'anzidetta superficie rappresenta il circuito di fig. 10.

Quando si facesse tendere $R + \varrho \to \infty$ in fig. 11, le iperboli del piano $z = h$ di fig. 12 diminuirebbero la curvatura fino ad annullarla, mentre la superficie spettante alla fig. 11 anzidetta si trasformerà in un cilindro iperbolico della forma di quello di fig. 2 spettante al circuito di fig. 1: ciò può provarsi analiticamente, ma è anche intuitivo.

---

(7) Infatti: $i/J = (R + r_s)/\varrho$.

(8) La parte di superficie caratteristica fisicamente significativa dista dal piano zy di un numero dato dalla f.e.m. della pila; le iperboli (J, R_x) aventi interesse pratico sono quelle ottenibili con piani ϱ = cost. Al crescere di ϱ si hanno iperboli allontanantisi dall'asse OR_x e di maggior pendenza le quali assicurano maggior sensibilità della misura e precisione.

(9) $i/J = r_s/(\varrho + R)$;
$(i + J)/J = (r_s + \varrho + R)/(\varrho + R)$.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Per $R_x = 0$ in [39] si ha:

$$[42] \qquad E = J_{max}\left(\varrho' \frac{r_s + \varrho + R}{\varrho + R} + r_s\right)$$

e paragonando con la [39] si trae:

$$[43] \qquad R_x = \frac{J_{max} - J}{J}\left[\varrho' + \frac{r_s(\varrho + R)}{r_s + \varrho + R}\right].$$

Rileviamo che se $r_s \ll \varrho + R$, si scrive:

$$[44] \qquad R_x = \frac{J_{max} - J}{J}(r_s + \varrho').$$

III. — CONSIDERAZIONI PER IL PROGETTO.

5. - *Premessa:*

Lo schema di ohmmetro delle fig. 10 e 11 si presta a piccoli misuratori in cui l'ordine di grandezza della resistenza incognita giunga ad alcune centinaia di migliaia di ohm, cioè teoricamente fino al Mohm se s'impiegano indicatori aventi portate di alcune centinaia di microampere.

Per tipi professionali, cioè precisi e adatti ad ordini di grandezza più elevati e nei quali il rapporto fra i valori estremi di resistenza misurabile, da 1 : 10^5 vada a 1 : 10^7 ed oltre, si può consigliare un tipo di circuito come quello di fig. 13, realizzato da chi scrive.

Per i campi di piccoli valori di R_x si assume $\varrho' = 0$ ed un'unica pila di f.e.m. E con un unico valore di R, mentre sarà variabile ϱ.

Per ciascun campo dei grandi valori di R_x si potrà prevedere un unico valore di R, che potrà coincidere con quello di prima, un unico valore di ϱ eguale ad infinito e diversi convenienti valori di ϱ' ed E.

Vediamo nella progettazione degli ohmmetri quale criterio si può tenere per il calcolo delle varie grandezze, riferendoci come esempio al proposto circuito di fig. 13.

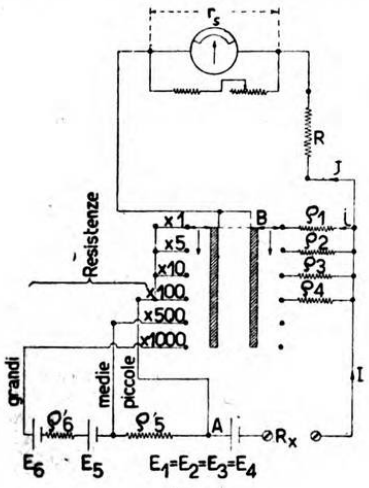


Fig. 13

6. - *Scelta di ϱ per ogni campo dei piccoli valori di R_x.*

In corrispondenza al più piccolo valore $R_{x\,min}$ prefissato per la resistenza incognita da misurare, avremo con lo schema di fig. 13 un certo valore J_M di corrente anch'esso prestabilito ed opportunamente discosto da quello J_{max} di portata dell'indicatore supposto privo di shunt.

Nell'ipotesi $\varrho' = 0$, la [37'] offre:

$$[45] \qquad R_{x\,min} = \varrho \frac{J_{max} - J_M}{J_M}.$$

Se, invece nel primo intervallo di resistenze R_x abbiamo prefissato $R_{x\,max}$ ed un valore J_{min} poco discosto dallo « zero-corrente », avremo:

$$[46] \qquad R_{x\,max} = \varrho \frac{J_{max} - J_m}{J_m}$$

e da una qualunque di codeste equazioni potremo ricavare il primo valore ϱ_1 della serie dei ϱ spettanti ai vari campi delle R_x piccole:

$$[47] \qquad \varrho_1 = \frac{R_{x\,max}}{(J_{max}/J_m) - 1} = \frac{R_{x\,min}}{(J_{max}/J_M) - 1}.$$

Per i successivi valori di ϱ, sempre che sia valido il presupposto $\varrho \ll R + r_s$, potremo applicare la [37'], mentre in mancanza di esso faremo ricorso alla [37] nella quale però non conosciamo ancora i valori ϱ' ed R.

Circa il primo, si può porre la condizione di nullità per tutti i campi di R_x inferiori ad un certo valore e, circa il secondo, faremo vedere nel paragrafo successivo il modo di determinarlo.

7. - *Scelta della pila e deduzione del valore di R.*

Per tutti i campi dei valori piccoli di R_x, potremo fare l'ipotesi di aversi un unico valore di E (fig. 13) e potremo altresì mantenere per R un valore costante.

Per $\varrho' = 0$, la [36], valida per $R_x = 0$, dà:

$$[48] \qquad E = J_{max}(R + r_s)$$

in cui, se ammettiamo che l'indicatore sia provvisto di shunt, terremo presente che la corrente J_{max} risulta dalla somma di quella strumentale $J_{max.\,i}$ e dall'altra derivata dallo shunt.

Per mezzo della [48], se ricaviamo per altra via E ed J_{max}, potremo fissare r_s e dedurre R.

Il valore della f.e.m. della pila si può facilmente ottenere scrivendo che nella maglia $EABE$ (fig. 13), per $R_x = 0$ è:

$$[49] \qquad E = i_{max} \cdot \varrho_1$$

Il valore di i_{max} si ha dalla relazione:

$$[50] \qquad i_{max} = I_{max} - J_{max}$$

Se infatti poniamo ad esempio la condizione:

$$[51] \qquad J_{max} = (3/2)\, J_{max.\,i},$$

scelto lo strumento indicatore (e quindi noto J_{max} e calcolabile r_s) se stabiliamo un valore di corrente I_{max} attraversante la pila, dedurremo dalla [50] il valore i_{max} da sostituire in [49] per ottenere E.

Il valore di R si ricava subito dalla [48], mentre in base alla [51], nota r_s, si può avere la resistenza di shunt che converrà suddividere in due parti di cui una sola variabile.

Il valore di R possiamo considerarlo costante per tutti i campi della resistenza incognita R_x, e quello di E, unico soltanto per i campi dei piccoli valori della resistenza incognita; ciò allo scopo di non trovarci ad un certo punto con l'indice troppo vicino all'estremità della scala cioè in corrispondenza ad una zona d'iperbole troppo ripida.

Per esempio se si avesse un intervallo totale da 1 ad 1 Mohm, diviso in sei campi, con moltiplicatori 1, 5, 10, 100, 500, 1000, si potrebbero assumere i primi quattro campi come spettanti a piccoli valori R_x e i rimanenti ai grandi.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

8. - *Campi di R_x successivi al primo (valori piccoli di R_x).*

Si tratta di determinare il valore di ϱ per ogni campo. In base alla [37] scritta per $\varrho' = 0$, si ha:

$$[52] \qquad R_{x\ max} = \frac{J_{max} - J_m}{J_m} \cdot \frac{\varrho\,(R + r_s)}{R + r_s + \varrho}$$

e posto:

$$[53] \qquad A = \frac{R_{x\ max}}{(J_{max}/J_m) - 1},$$

se r_s è trascurabile rispetto ad R, si deduce:

$$[54] \qquad \varrho = \frac{R \cdot A}{R - A}.$$

9. - *Campi di grandi valori di R_x.*

Dovremo determinare per ogni campo ϱ' ed E. Il valore ϱ' si potrà dedurre dalla [44], la quale discende non solo dalla [43] per $r_s \ll \varrho + R$, ma anche dalla [42] (valevole per $R_x = 0$), allorchè si fa $\varrho \to \infty$ e si paragona alla [39].

La [44], per un qualsiasi campo di grandi valori R_x, in corrispondenza ai valori limiti $R_{x\ max}$ ed $R_{x\ min}$ di esso, permette di dedurre:

$$[55] \quad \varrho' = \frac{R_{x\ max}}{(J_{max}/J_m) - 1} - r_s = \frac{R_{x\ min}}{(J_{max}J_M) - 1} - r_s$$

In quanto alla f.e.m. E, essa si può dedurre in corrispondenza al più alto valore di R_x di ogni campo ed al valore ϱ' ad esso appartenente, allorchè con il corto circuito dei morsetti della resistenza incognita si deve avere:

$$[57] \qquad E = J_{max}(R + \varrho' + r_s).$$

Nel nostro schema (fig. 13), le cose sono disposte in modo che per ogni campo dei grandi valori R_x, si utilizzano i valori ϱ' ed E del campo precedente ai quali pertanto devono essere posti in serie dei valori semplicemente complementari.

10. - *Conclusione.*

Le superfici rappresentative delle equazioni dei circuiti ohmmetrici discussi in questa Nota sono superfici algebriche del secondo e del terz'ordine ed aiutano a conoscere il comportamento elettrico degli schemi e l'influenza di ogni parametro.

Le sezioni fatte con piani di opportuna giacitura ci forniscono le curve caratteristiche di ogni sistema, sì da poter costituire una guida nella scelta o nella ideazione di nuovi circuiti che rispondano ogni volta a particolari esigenze.

La teoria esposta ha suggerito alcune possibili vie per il progetto di dispositivi di tipo professionale, essendo peraltro facile l'estensione a quelli più semplici che possono destinarsi alle normali applicazioni.

Genova - Istituto Elettrotecnico dell'Università.
Marzo 1945.

L'interessamento dei Soci per l'A E I si dimostra colla puntualità nel **pagamento della quota** alle Sezioni; esso deve essere compiuto al più tardi entro il mese di marzo.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Una ferrovia metropolitana di cintura in sostituzione della filovia circolare esterna (C. E.)

Nonostante il perdurare della crisi in Italia (1), *si pensa che possa essere opportuno predisporre i piani tecnici che possano facilitare la sollecita ripresa economica della nostra laboriosa, fattiva ed equilibrata gente lombarda; sì da assicurare lavoro a tutti i suoi figli, dopo cessata la tremenda bufera.*

In prima linea, è evidente, si deve porre il problema delle comunicazioni entro la nostra immensa città: si premette, ad ogni modo, che con la proposta che esporremo, non si intende in alcun modo interferire col più complesso problema delle ferrovie metropolitane radiali, *già studiato dal valente Prof. Ing. Marco Semenza e dall'A.T.M.*

Il problema, cui oggi si accenna, è di mole assai minore, è più urgente, e — soprattutto — importerà un costo assai minore.

Ognuno avrà potuto rilevare come una delle molte cause dell'odierna situazione del servizio tranviario, specie sulla linea di circonvallazione, *(oltre al fatto che non si può oltrepassare una certa velocità in corsa, su sede stradale) risiede nel perditempo dovuto alla salita e discesa dei viaggiatori, conseguente alle caratteristiche delle vetture tranviarie.*

Evidentemente, ove fosse possibile mettere in servizio — sulla circonvallazione — vetture ferroviarie, del tipo in uso sulle metropolitane (con altrettante portiere quanti sono gli scomparti viaggiatori) sarebbero enormemente ridotte le durate delle fermate.

Se poi riuscisse possibile adottare un tracciato interamente in sede propria e soprattutto senza incroci a livello colle vie cittadine e con altri binari tranviari (potendosi così raggiungere velocità più elevate, con vetture motrici di potenza e sagoma adeguate alle alte velocità), il tempo di percorrenza sarebbe notevolmente ridotto.

Per arrivare però ad un tale risultato sarebbe evidentemente indispensabile abbassare la sede dei binari, portandola in trincea profonda *(come è stato fatto coi binari delle Ferr. Nord, sulla tratta da Piazz. Cadorna fin quasi alla Bovisa) al fine di sottopassare in galleria le arterie stradali che tagliano la circonvallazione: disgraziatamente, sui binari di tale linea — su talune tratte ad est, a nord ed a sud — transitano vetture anche di altre linee tranviarie* (2, 7, 20, 25-26), *per cui il problema si complica.*

D'altra parte il progressivo addensamento della popolazione verso la periferia consiglierebbe di attuare, preferibilmente, la trasformazione in ferrovia metropolitana della filovia *circolare esterna (C.E.) — oggi inattiva — il cui tracciato (che potrebbe anche essere riveduto) consentirebbe — per i 4/5 del percorso — una sede* in trincea *aperta e per 1/5 solamente* in galleria *(in corrispondenza agli incroci colle arterie stradali e nei sottopassi di canali e di altre ferrovie).*

Dato che, già anteguerra, il traffico sulla filovia C.E. era divenuto enorme (e più ancora sarebbe aumentato, ove fosse continuato l'esercizio ed il materiale rotabile fosse stato sufficiente e meglio rispondente alle necessità del traffico), si può pensare con tutta tranquillità al problema economico della sua trasformazione in ferrovia di cintura, *nella certezza che — in ogni caso — i proventi dell'esercizio coprirebbero non solo le spese vive, ma consentirebbero l'ammortamento — interessi compresi — del capitale d'impianto.*

(1) La presente lettera era stata preparata dall'A. prima degli avvenimenti che portarono alla liberazione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

È da presumere anche che non mancherebbe l'iniziativa privata ad assumersi una tale trasformazione, nell'ipotesi che il Comune di Milano fosse esitante all'assunzione diretta. Si pensi con quale slancio unanime, in piena guerra, la cittadinanza milanese ha offerto in prestito un miliardo di lire alla Amministrazione Comunale, quando questa ha specificato che la somma sarebbe stata prevalentemente impiegata per far fronte agli ampliamenti dei propri impianti idroelettrici e tranviari.

Naturalmente, oltre all'adozione di adatto materiale rotabile ed agli impianti di segnalazione di blocco *(che consentono la sicurezza di marcia dei treni ferrov. a velocità anche superiori ai 90 km all'ora), occorrerà provvedere agli impianti delle stazioni sotto il piano stradale, da situarsi in corrispondenza ai principali incroci colle arterie stradali, ove si presuma l'afflusso continuato di masse di viaggiatori. Infine — in qualcuna delle stazioni — occorrerà provvedere alle rampe per i binari di collegamento coi Depositi e parchi vetture; questi ultimi si costruiranno, preferibilmente a livello stradale, in punti opposti dell'anello di cintura.*

In taluni punti particolari del percorso, p. e. agli attraversamenti col Naviglio Grande, col Nav. Pavese e con quello della Martesana, nonchè nei sottopassi di altri binari ferroviari (p. e. delle Ferrovie Nord) sarà necessario costruire tronchi di gallerie più profonde: ciò d'altronde non presenterà gravi difficoltà tecniche, nè comporterà costi sproporzionati all'entità economica dell'opera.

Con questo breve accenno alla ferrovia metropolitana di cintura si è voluto solo esporre l'idea, affinchè i Colleghi più competenti e la cittadinanza abbiano modo di vagliarla e discuterla, suggerendo eventualmente altre migliori soluzioni, che possano più economicamente e sicuramente conseguire lo scopo di dare un rapido e più efficace collegamento dei quartieri periferici della città, fra di loro e colla stazione centrale ferroviaria.

L'A.T.M., a mezzo dei suoi valenti Ingegneri, potrebbe intanto elaborare il progetto tecnico di massima, perchè il Comune sia in grado — appena cessato lo stato di emergenza — di prendere le deliberazioni inerenti, soprattutto di carattere finanziario, al fine di assicurare al più presto lavoro agli smobilitati ed alle maestranze di industrie, che fossero, in quel momento, temporaneamente inattive.

Ing. Dr. ERNESTO SEASSÀRO

* *

A proposito del Ferrital.

Riceviamo dall'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris di Torino, quanto segue:

« *In relazione con l'articolo* "A. REGÈ: Caratteristiche elettriche e magnetiche di un nuovo tipo di ferro...", *pubblicato ne* L'Elettrotecnica, 1945, XXXII, *pag.* 29÷39, *nel quale hanno notevole parte prove eseguite presso questo Istituto Elettrotecnico Nazionale, si nota che nella tabella* 13 (*ultima colonna*), *dove esplicitamente si cita il nome dell'Istituto che ha eseguito quelle misure, viene specificata un'origine* (*Armco*) *per il materiale provato.*

« *Si fa presente che l'I.E.N. — secondo la norma da esso sempre rigidamente seguita nei rapporti con terzi — non ha dato alcuna indicazione circa il produttore, ma soltanto circa la qualità del materiale, e che perciò la specifica del nome indicato nell'articolo è arbitraria.*

« *Si gradirebbe che la presente precisazione venisse pubblicata in un prossimo numero della rivista.*

15 luglio 1945.

« Il Commissario
« Prof. ROMOLO DEAGLIO »

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

Seduta straordinaria del Consiglio Generale

Milano, lunedì, 10 settembre 1945, ore 10

La Presidenza ha diramato ai Membri del Consiglio la seguente lettera di convocazione:

Egregio Collega,

mentre si attende l'esito del *referendum* in corso, dovendosi porre allo studio provvedimenti di assoluta urgenza, La prego vivamente di voler intervenire alla seduta straordinaria del Consiglio Generale, indetta per le ore 10 di lunedì, 10 settembre, a Milano, in Via San Paolo n. 10, col seguente

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Verbale della seduta precedente.
2. - Relazione della Presidenza sul *referendum* e provvedimenti conseguenti.
3. - Provvedimenti per il bilancio sociale e modificazione quote dei soci effettivi, vitalizi, perpetui e sostenitori.
4. - Procedura per le modificazioni dello statuto sociale.
5. - Convocazione dell'Assemblea dei soci e O.d.G. relativo.
6. - Sistemazione della sede dell'Ufficio Centrale.
7. - Ripresa delle pubblicazioni non periodiche (Annuario, Repertorio, Statistica, ecc.).
8. - Premi sociali.
9. - Comitato Elettrotecnico Italiano.
10. - Riunioni annuali.

Data l'importanza eccezionale degli argomenti all'O.d.G. confido che Ella vorrà fare quanto Le è possibile per partecipare alla Seduta.

Con distinti saluti.

Il Direttore A. BARBAGELATA — *Il Presidente Generale dimissionario* M. SEMENZA

I RISULTATI DEL REFERENDUM

Riportiamo integralmente il verbale notarile dello scrutinio svoltosi il 31 agosto u. s. presso l'Ufficio Centrale.

L'anno 1945, addì 31 del mese di agosto, alle ore 10, in Milano, nei locali della sede centrale, in Via San Paolo, 10.

Sono presenti i sigg.:

Ing. *Marco Semenza* . . .	Presidente Generale
Ing. *Roberto Marin*	Vice Presidente Generale
Prof. *Angelo Barbagelata* . .	Segretario Generale
Prof. *Francesco Correggiari* .	Vice Segretario Generale
Ing. *Fernando Malusardi* . .	Segretario del Presidente
Prof. *Renato San Nicolò* . .	Redattore Capo de *L'Elettrotecnica*
Ing. *Giuseppe Bauchiero* . .	Consigliere della Sezione di Milano
Ing. *Piero De Pol*	Consigliere della Sezione di Milano
Ing. *Giuseppe Pagliari* . . .	Consigliere della Sezione di Milano
Ing. *Cesare Redaelli* . . .	Vice Direttore.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Vengono nominati scrutatori i sigg.: Ing. *Giuseppe Pagliari*, Prof. *Renato San Nicolò* e Ing. *Piero De Pol*, ed a Segretario il Dott. *Giuseppe Bottoni*, notaio.

Su invito del Presidente gli scrutatori procedono all'esame dei pacchi di schede pervenuti dalle Sezioni.

Non sono pervenute schede dalle Sezioni seguenti:

Sezione di Catania, Sezione di Livorno, Sezione di Napoli, Sezione di Palermo, Sezione di Trieste.

Il Presidente dà notizia delle lettere della Sezione di Napoli e di Trieste che avevano promesso di fare il possibile per far pervenire le schede di votazione entro il termine prefissato. I pacchi contenenti le schede non sono pervenuti manifestamente per gli indugi nel servizio postale.

Il Presidente dà inoltre notizia che il Presidente della Sezione di Palermo Ing. Savagnone accusa di aver ricevuto solamente in data 22 agosto il materiale per la votazione che era stato spedito dall'Ufficio Centrale sin dal giorno 4 luglio.

Siccome il materiale per la Sezione di Catania era stato appoggiato presso lo stesso Ing. Savagnone a Palermo, sono da ritenersi dispersi tutti i voti inerenti alle predette due Sezioni. Parimenti sono da ritenersi dispersi i voti della Sezione di Livorno non essendovi più in tale città una Sezione funzionante, giusta la lettera del Presidente della Sezione Ing. Aldo Ge, in data 10 luglio.

Dopo aver constatato l'integrità dei pacchi nei quali le schede erano contenute gli scrutatori hanno proceduto al confronto tra gli elenchi che accompagnavano i pacchi stessi ed i nominativi dei cartellini applicati alle schede. Dopo di ciò, Sezione per Sezione, si è proceduto prima ad eliminare le schede nulle, in secondo luogo a strappare i cartellini rosa controfirmati, poi ad aprire le schede ed effettuare lo scrutinio dei due *referendum*.

Il totale delle schede pervenute e relativa percentuale dei votanti risulta dalla allegata tabella a seguito. Dallo spoglio delle schede è risultato quanto segue:

1° Referendum:

Totale delle schede ammesse alla votazione	n.	1441
Schede bianche	»	30
Schede nulle	»	3
No	»	4
Sì	»	1404

Rimane quindi approvato il concetto del ritorno al sistema della votazione generale per la nomina delle cariche della Presidenza.

2° Referendum:

Totale delle schede ammesse alla votazione	n.	1441
Schede bianche	»	41
Schede nulle	»	3

Lo spoglio delle schede dà come risultato la designazione dell'Ing. *Marco Semenza* a Presidente Generale con 1335 voti, dell'Ing. *Basilio Focaccia* a Vice Presidente Generale con 1289 voti e dell'Ing. *Roberto Marin* a Vice Presidente Generale con 1276 voti.

Nel corso della seduta sono state redatte le seguenti tabelle dimostrative coi risultati della votazione:

Tabella I. - Schede ammesse allo spoglio.

» II. - Votazione 1° *referendum*.

» III. - Votazione 2° *referendum*.

» IV. - Nominativi proposti alla carica di Presidente Generale (voti dispersi).

» V. - Nominativi proposti alla carica di Vice Presidente Generale (voti dispersi).

Di tutto quanto sopra si dà atto col presente verbale che viene firmato dal Presidente, dal Direttore e Vice Direttore dell'Ufficio Centrale, dagli Scrutatori e dal Notaio.

Schede pervenute all'Ufficio Centrale entro il 31 agosto 1945

Sezione	N° Soci con diritto di voto	Schede pervenute	Percentuale dei votanti
Adriatica	114	48	42 %
Bologna	331	109	33 %
Catania	55	—	—
Firenze	205	100	49 %
Genova	315	156	49 %
Livorno	79	—	—
Milano	1439	734	51 %
Napoli	309	—	—
Palermo	64	—	—
Pugliese	106	66	62 %
Roma	445	107	24 %
Sarda	43	25	58 %
Torino	374	129	34 %
Trento	71	33	46 %
Trieste	130	—	—
Veneta	292	157	54 %
	4372	1664	38 %

Totale schede pervenute N. 1664; schede irregolari N. 223; schede ammesse alla votazione N. 1441.

*

Va rilevata con vero compiacimento l'elevata percentuale dei votanti che è risultata pari al massimo raggiunto nelle precedenti votazioni, svoltesi nell'ultimo quarantennio. Si ebbero infatti: nel 1906, 404 votanti, pari al 35,6 %; nel 1909, 386 (32,9 %); nel 1912, 362 (26,7 %); nel 1915, 507 (31,2 %); nel 1918, 623 (29 %); nel 1920, 974 (31,3 %), nel 1923, 1374 (30 %); 1926, 2301 (40,7 %); nel 1929, 1999 (32,7 %); e nel 1932, 1303 (23 %).

Media generale delle 10 votazioni: 30,5 %.

Da notare che la percentuale del 38 % dell'attuale *referendum* fu calcolata contando al denominatore anche i Soci delle 5 Sezioni che di fatto non parteciparono alla votazione.

Contando, come parrebbe giusto, solo i Soci delle Sezioni partecipanti al *referendum*, la percentuale dei votanti risulta del 44,5 %, quale mai si ebbe in passato.

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI MILANO

Il giorno 22 febbraio, nel salone sociale di via S. Paolo 10, l'ing. Giovanni Di Vito, della Ercole Marelli Soc. per azioni, ha tenuto l'annunciata comunicazione sul tema: « *Richiusura istantanea e motori asincroni* » nella quale ha esposto i risultati delle ricerche compiute a seguito di una inchiesta da parte della Giunta Tecnica del Gruppo Edison. La comunicazione che verrà integralmente riportata su queste pagine, venne seguita con grande attenzione da tutti i presenti e l'oratore fu molto applaudito.

Il Presidente ing. Faletti, al termine dell'esposizione, ringrazia il conferenziere per la sua persuadente comunicazione che ha dato agli ascoltatori un senso di sollievo dissipando timori che potevano sussistere in merito a inconvenienti nell'attuazione della richiusura automatica. L'indagine, osserva il Presidente, è particolarmente acuta e poggia sul dato di fatto, che le reinserzioni si fanno già sin d'ora senza che nessun guaio venga segnalato. Ringrazia nuovamente il conferenziere per aver riservato alla Associazione una tale primizia.

L'ing. Vannotti chiede poi la parola per far presente che le preoccupazioni per la robustezza delle macchine sono al giorno d'oggi esagerate; ha ragione infatti di ritenere che un buon motore asincrono possa di regola sopportare senza danno colpi di corrente sino ad 8÷9 volte il normale. L'ing. Parrini si dichiara soddisfatto di quanto ha appreso dal conferenziere vedendo così dissipati i timori di una sfavorevole ripercussione sugli utenti dei nuovi procedimenti

Biblioteca nazionale centrale di Roma

di richiusura e ciò appunto perchè egli ha introdotto da diversi anni la richiusura istantanea in Italia. A questo proposito pubblicherà tra breve su « L'Energia elettrica » un riassunto sui risultati degli ultimi 4 anni di esercizio della richiusura istantanea. Fa conoscere alcuni dati di tale rapporto, dai quali appare come la richiusura istantanea abbia portato a risultati veramente soddisfacenti: infatti, in quattro anni la maggior parte dei guasti sono stati eliminati con richiusura istantanea e non vi è stato nessun utente che lamentasse il minimo inconveniente benchè le utenze siano moltissime ed anche di una certa importanza (motori sino ad alcune centinaia di kW per fabbriche di ceramiche). Si può dire che in generale il guasto viene eliminato sulla rete senza che l'utente se ne accorga. È inoltre importante sottolineare che tale risultato è stato ottenuto senza far ricorso ad apparecchi speciali o a sistemi brevettati; si sono impiegati solo i migliori tipi costruttivi di apparecchi dell'equipaggiatura normale. Fa notare che i tempi di richiusura sono notevolmente lunghi, compresi tra 0,8 e 0,9 s, mentre la tecnica americana consiglierebbe di restare sui $0{,}3 \div 0{,}4$ s.

Il Presidente ringrazia l'ing. Parrini per i dati interessanti comunicati; chiede poi se in relazione a questi tempi di richiusura piuttosto lunghi si è potuto notare qualche riduzione del carico sulle reti. L'ing. Parrini risponde che misure in tal senso non sono state fatte. Nell'impianto sono installati wattmetri registratori, ma essi non sono in grado di segnalare delle eventuali differenze nel carico subito prima e subito dopo la manovra. Ritiene si possa al più ammettere che un 5 % del carico vada fuori servizio, durante le manovre di richiusura istantanea.

L'ing. Savagnone interviene per far notare che il fatto che l'utente non venga a reclamare ha, secondo lui, un'importanza molto relativa. Egli fa osservare infatti che le applicazioni della richiusura istantanea in Italia sono generalmente attuate con interruttori in olio, per cui si è lontani dalla rapidità massima che si potrebbe realizzare. Il ciclo è composto di due o tre manovre, di cui già la prima ha un tempo di mancata alimentazione superiore a 1 secondo. Ciò fa ritenere che le bobine di minima tensione negli stabilimenti interessati si siano aperte: malgrado ciò sembra che l'utente non sia venuto a reclamare. Conviene che le prove eseguite dall'ing. Toniolo e ripetute dallo stesso ing. Savagnone, su un singolo motore e senza l'arco in linea, possono portare a colpi di corrente assai più forti di quelli che non si abbiano nella realtà pratica. È però un fatto che anche con questi si può avere lo scatto dei relè a tempo istantaneo eventualmente installati per la protezione dei motori, come egli stesso ha avuto occasione di verificare. Si rende quindi necessario che l'intervento dei relè di massima sia leggermente ritardato, o, meglio ancora, che la taratura venga tenuta sufficientemente elevata e la protezione integrata con relè termici. Comunque sia, motori asincroni di buona costruzione sono in grado di sopportare il colpo di corrente che può verificarsi in seguito alla manovra di chiusura.

Il Presidente a questo punto riassume i punti di vista fondamentali:

1) l'ing. Di Vito ha verificato che il colpo di corrente praticamente non differisce da quello che si ha applicando la piena tensione con rotore fermo ed in cortocircuito, e che colpi di corrente della stessa entità si verificano già in esercizio ordinario in occasione di cortocircuiti prossimi ai motori, e quindi non sono una prerogativa della richiusura istantanea;

2) occorre riesaminare le protezioni dei motori, perchè se si adotta la richiusura e i motori vanno fuori servizio ugualmente per scatto delle protezioni, non avremo raggiunto lo scopo della richiusura automatica. Occorre pertanto far largo posto alle protezioni ritardate e alle protezioni termiche.

L'ing. Di Vito, rispondendo ad alcune osservazioni, fa presente:

1) che i motori asincroni, qualunque ne siano le caratteristiche di potenza e di velocità, possono arrivare a sopportare interruzioni nell'alimentazione di almeno 0,5 s, senza perdere la facoltà di riprendere la loro normale velocità al ripristino della tensione;

2) sotto questo punto di vista i motori grossi si trovano in condizioni migliori dei piccoli;

3) poichè i colpi di corrente che si verificano applicando la piena tensione con rotore fermo ed in cortocircuito non risultano in generale inferiori a $8 \div 9$ volte la corrente normale, egli si trova sostanzialmente d'accordo con l'ing. Vannotti che tali colpi di corrente possono essere sopportati anche da motori di grande potenza di buona costruzione. Rimane però dubbioso che questi motori possano in generale sopportare colpi di corrente 1,8 volte superiori, se non altro perchè non crede che qualcuno si sia mai finora preso la briga ed il rischio di sottoporli a punte di corrente così elevate, tanto più che la realizzazione di una prova del genere, anche presso le officine del costruttore, presenta difficoltà praticamente insormontabili. E sebbene nella letteratura tecnica esistano alcuni pregevoli lavori per il calcolo delle sollecitazioni elettrodinamiche, egli non vede altro criterio per stabilire con sicurezza se un motore è in grado o meno di resistere a colpi di corrente così elevati.

L'ing. Parrini fa rilevare che in pratica è, secondo lui, impossibile ottenere l'azione istantanea delle bobine di minima tensione e dei relè di massima corrente. In sala prove e in laboratorio o su impianti nuovi saranno stati controllati scatti istantanei, ma negli impianti in esercizio questo non avviene e ciò a motivo degli attriti, delle resistenze dovute all'usura, alla polvere, sempre presenti nei meccanismi di scatto dei relè nell'esercizio normale, per cui questi risultano sempre un pochino ritardati. Ritiene che tali ritardi siano dell'ordine di un decimo di secondo. Inoltre si deve tenere ben presente che sulle reti (al contrario che nelle esperienze di laboratorio) la tensione non scompare di colpo, ma si abbassa più o meno rapidamente e con essa la frequenza. Ciò ha una grande importanza specialmente per il comportamento delle bobine di minima tensione. Dalla esperienza che ha acquisito ritiene che per la richiusura automatica istantanea quando non siano in giuoco questioni di stabilità si possano tollerare ritardi sino a 0,5 s. Ritiene però che tale valore rappresenti il tempo massimo oltre il quale non si può andare.

L'ing. R. Vannotti conferma l'affermazione precedente precisando che oggigiorno le macchine elettriche debbono essere normalmente costruite in modo da resistere anche alle sollecitazioni istantanee di correnti che si producono in esercizio. Infatti tutti i buoni costruttori si attengono generalmente alla norma suesposta. Del resto l'esperienza pratica conferma questa tesi perchè non risulta che anche in caso di falsi paralleli si siano avuti guasti per eccessivi sforzi elettrodinamici sugli avvolgimenti. È tuttavia ovvio che, ciononostante, sia quanto mai opportuno evitare il più possibile ripetute sollecitazioni anormali agli avvolgimenti.

L'ing. Di Vito, rispondendo all'ing. Vannotti, fa osservare che anche nella letteratura tecnica si trovano menzionati casi, a volte corredati da fotografie, di macchine seriamente danneggiate a seguito di cortocircuiti avvenuti in prossimità delle macchine stesse. E le Norme di vari Paesi, prescrivendo che la prova di cortocircuito venga fatta alla tensione nominale, o tutt'al più a questa tensione maggiorata del 2 %, impongono che la macchina sia in grado di resistere alle sollecitazioni che derivano dai colpi di corrente che si hanno in occasione di cortocircuiti, ma non a sollecitazioni ancora superiori. D'altra parte, l'espressione « falso parallelo » è piuttosto vaga, e con essa solitamente si intende qualsiasi parallelo che non avvenga in condizioni ideali, cioè quando si ha perfetta concordanza di fase tra la tensione di linea e la f.e.m. indotta della macchina che si vuol collegare; mentre per avere punte di corrente pari a 1,8 volte quelle che si possono avere in occasione di cortocircuiti, le due tensioni dovrebbero essere quasi in opposizione di fase, ed è assai improbabile che falsi paralleli di questo genere si siano mai verificati.

L'ing. Savagnone interviene a proposito del tempo di attesa, facendo osservare come sia perfettamente esatto affermare che esso debba essere di durata superiore del tempo di deionizzazione: ciò però non ha alcuna pratica importanza quando si tratta di linee radiali a tensione relativamente modesta, in quanto il tempo minimo di manovra che si può realizzare coi normali interruttori, anche con quelli ad aria compressa, è largamente superiore al tempo di deionizzazione.

A questo punto l'ing. Giacomoni chiede qual'è l'effetto delle correnti capacitive, dovute a condensatori e a linee a vuoto, che si verificano nella pratica. L'ing. Di Vito risponde che ciò influisce semplicemente nel senso di ren-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dere un poco più lungo lo spegnimento della tensione residua.

Il Presidente, riassumendo il pensiero dell'ing. Savagnone, osserva che per le linee radiali sarebbe opportuno che il tempo di richiusura fosse un po' più lungo. Savagnone osserva però che, secondo lui, non bisogna aumentare il tempo d'attesa della prima manovra di richiusura, che cogli interruttori ad aria compressa può essere limitato a ca. 0,2-0,3 secondi. Non ritiene ben fatto portare il tempo d'attesa a 0,5 s per dar tempo alla tensione residua degli asincroni di smorzarsi. Rispondendo all'ing. Parrini afferma di aver constatato in sala prove lo scatto di un relè di massima corrente a tempo istantaneo a seguito della manovra di richiusura.

L'ing. Fratta chiede la parola per far osservare in merito allo scatto intempestivo dei relè che da parte degli utenti esiste la tendenza a tenere la taratura dei relè troppo bassa; per interruzione istantanea la corrente dovrebbe essere 6÷7 volte quella normale, mentre per l'inserzione a tempo essa dovrebbe essere tenuta molto più vicina al normale. La interruzione istantanea dovrebbe intervenire solo in caso catastrofico. Il Presidente si riallaccia a quanto detto dall'ing. Fratta per far osservare che bisogna richiamare l'attenzione degli esercenti sui salvamotori che oggi sono costruiti molto male. Le Società dovrebbero esigere in ogni caso una protezione di minima tensione ritardata, una protezione di massima istantanea con taratura molto elevata e una protezione termica. Per concludere sulla questione tempo il Presidente esprime il parere che non convenga fare un'interruzione con un tempo superiore a 0,5 s. Ritiene che 0,5 s possa rappresentare il valore « optimum ». L'ing. Ciriello fa osservare che nella questione della scelta del tempo di interruzione entra anche un fattore economico, giacchè per portare il tempo di richiusura a 0,2 s si dovrebbe ricorrere agli interruttori ad aria compressa, mentre in realtà negli impianti di media importanza come quelli delle utenze generalmente considerati sono in uso interruttori in olio; con essi però, come ha fatto osservare l'ing. Parrini, si ottengono ancora risultati soddisfacenti.

Nessun altro avendo da chiedere la parola, il Presidente dichiara chiusa la seduta e rivolge ancora i più vivi ringraziamenti all'ing. Di Vito e a quanti sono intervenuti nella interessante discussione.

NECROLOGIO

La sezione di Torino dell'A.E.I. ha il dolore di annunciare la morte avvenuta il 6 gennaio c. a., all'età di 58 anni, del Socio

Dott. Ing. LUIGI BOSONE

Coll'Ing. Luigi Bosone scompare una eletta figura di scienziato e di tecnico, grandemente benemerito dell'A.E.I., insigne per elevate doti di coltura, di intelletto e di animo.

Cresciuto alla scuola di quell'impareggiabile maestro che è stato Guido Grassi, a lui stretto da vincoli di parentela, l'Ing. Bosone appena laureato, si dedicò alla organizzazione della Mostra dell'Elettrotecnica all'Esposizione di Torino del 1911, fu quindi per molti anni assistente e ricercatore nella Scuola Elettrotecnica Galileo Ferraris di Torino, distinguendosi per attitudine didattica e per spiccata tendenza alle ricerche di laboratorio. Appartengono a questa sua prima fase di attività alcuni pregevoli studi sperimentali.

Frattanto venivano organizzandosi presso le maggiori aziende industriali laboratori aventi insieme carattere tecnico e scientifico, rivolti allo studio di problemi attinenti alla produzione, ma che offrivano pure a sperimentatori di valore, argomenti di alto interesse teorico. Venivano ad un tempo in questi ricchi laboratori forniti i mezzi adeguati per compiere ricerche di indubbia utilità per il progresso scientifico.

Tra queste industrie quella dei cavi elettrici offriva in modo particolare un vasto campo a studi ed a ricerche di alto interesse spazianti fra le indagini sulle materie prime impiegate, tanto varie e complesse, e l'esame del funzionamento dei cavi elettrici, abbracciante tutte le applicazioni della elettricità, dalle più elevate tensioni alle alte ed altissime frequenze.

La Società Ing. Vittorio Tedeschi, ora Industria nazionale Cavi Elettrici, si assicurava la pregevole collaborazione dell'Ing. Bosone, meritatamente riconosciuto quale prezioso capo per un laboratorio di ricerche.

Da più di venti anni l'Ing. Bosone, divenuto successivamente Direttore del Laboratorio Elettrotecnico e poi Capo Servizio dei Laboratori Sperimentali della suddetta Società, si prodigò nella organizzazione di questa attività dell'azienda, presiedendo con molta attività e perspicacia alle prove, ai collaudi ed alle ricerche attinenti alla produzione dei cavi e conduttori elettrici, e dedicandosi a studi originali di problemi maggiormente scientifici da Lui illustrati mediante varie pubblicazioni apparse sulla *Elettrotecnica* e nei Rendiconti delle Riunioni annuali della A.E.I.

Con questi lavori di carattere sperimentale Egli ha bene dimostrato come si possano sviluppare anche fuori dei laboratori universitari e scientifici, studi utili al progredire delle scienze e come un importante contributo possa essere apportato a questo progresso dalle ricerche compiute presso i laboratori di quelle aziende industriali che avendo una più alta concezione dei doveri della industria, incrementano queste istituzioni, chiamandovi ricercatori di valore e consentendo loro lavori di carattere puramente teorico.

Alla nostra Associazione Egli offrì una costante dedizione che gli fece accettare successivamente le cariche di Segretario della Sezione di Torino e poi quella di Vice Presidente, alle quali il voto concorde dei colleghi lo chiamò come segno di onore reso ad uno dei soci della Sezione maggiormente degno. In queste cariche Egli si rese benemerito della nostra Associazione per lo zelo e l'attività continuamente dimostrate. Designato alla Presidenza della Sezione stessa Egli, con la modestia che lo caratterizzava e che costituiva, perchè unita ad un alto valore, una Sua singolare virtù, si sottrasse a tale onore, preferendo dedicarsi esclusivamente al Laboratorio che con tanta passione Egli dirigeva e che veniva largamente sviluppandosi con sempre nuove sezioni ed accresciuti compiti.

Per la Sua specifica competenza tecnica faceva parte di molte commissioni del C.E.I., nelle quali dava tutto l'apporto del Suo ingegno e dell'autorità che aveva acquistata nel campo delle discipline elettrotecniche.

In quanti ebbero il privilegio di conoscere intimamente lo Scomparso, rimane vivo e perenne il ricordo delle Sue doti intellettuali e morali. Musico dotato di particolare cultura e sensibilità, trovava, nelle esecuzioni ed audizioni delle severe armonie dei compositori classici, complemento alle concezioni scientifiche di cui si nutriva la Sua mente. Quale riflesso di così alta intellettualità il Suo animo manifestava una grande serenità ed il Suo carattere era eminentemente affabile e buono.

Per tutte queste Sue doti l'Ing. Luigi Bosone può a buon diritto aspirare di varcare la soglia della tomba lasciando in quanti ebbero a conoscerlo ed apprezzarlo un perenne ricordo.

Alla desolata Consorte, alla Famiglia tutta, l'A.E.I. invia l'espressione sincera del suo più vivo e profondo cordoglio.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Aut. [illegible] P.W.B. n. 58 del 4-6-1945
IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 37 D

Apparecchi e dispositivi di manovra, protezione, ecc. – Applicazioni agricole – Applicazioni termiche – Applicazioni varie – Condutture – Illuminazione e fotometria – Impianti – Insegnamento, istituti, scuole, laboratori – Motori primi – Radiotecnica – Statistica – Telefonia, telegrafia e televisione – Trasmissione e distribuzione.

Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 44 D

Essiccazione elettrica dell'erba – Valorizzazione del calore delle acque dei fiumi svizzeri mediante termocompressione – Fornitura di energia elettrica nel quadro dell'economia generale.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, ECC.

A. Roth — **Il sistema undaer, un nuovo metodo della tecnica di installazione.** (A.S.E. Bull., 8 marzo 1944, pag. 117 a 120, con 7 fig.). 3 b

Il sistema che viene descritto dall'A. consiste essenzialmente nell'impiego di interruttori comandati a distanza mediante pulsanti e trasmissione pneumatica. Questo interruttore elettropneumatico contiene una bobina fissa con nucleo rotondo, un'àncora principale foggiata ad U e due àncore ausiliarie; sotto l'azione del magnete, inserito in seguito all'impulso pneumatico arrivante all'apparecchio, l'àncora principale si sposta e l'àncora secondaria ad essa connessa la segue subito: l'àncora principale serve soltanto a impedire che quella secondaria ritorni in posizione di riposo quando il magnete viene diseccitato. La diseccitazione del magnete avviene in seguito all'apertura dell'organo pneumatico al cessare dell'onda di pressione. Se giunge un nuovo impulso, anche l'àncora principale torna alla sua posizione iniziale. All'àncora principale è collegato un interruttore oscillante a mercurio; ad ogni impulso di pressione corrisponde quindi una inserzione o un'apertura dell'interruttore. L'apparecchio viene costruito per un carico di 6 A per corrente continua o alternata a 250 V. La trasmissione degli impulsi di pressione avviene mediante tubazioni in rame o ottone di 2 mm di diametro; per il montaggio protetto entro muri o listelli di legno ecc., si consigliano tubi di sostanze termoplastiche. Un materiale di tal genere detto soflex si presta bene perchè è resistente all'azione dell'olio, della benzina, degli alcali ecc.; inoltre fornisce un buonissimo isolamento elettrico e ciò permette di installare i tubi d'aria compressa nelle immediate vicinanze di elementi in tensione; esso diventa però fragile a basse temperature e non deve quindi essere usato sotto a 0 °C. Per l'aria si usa una pressione di 140 g/cm²; l'onda si propaga con velocità di 250 m/sec; si usano onde della durata di 0,5 secondi; le piccole imperfezioni di tenuta non recano quindi disturbo al funzionamento. La distanza di comando si può ritenere praticamente di circa 20 m; fra due posti di comando possono così intercorrere 40 m. Fra i vantaggi del sistema descritto in confronto con gli altri noti l'A. enumera i seguenti. La messa in opera è assai semplice dato il piccolo diametro dei tubi; lo schema di impianto diventa molto semplice; la sicurezza per le persone è garantita e permette di mettere gli organi di comando anche in località dove ciò non sarebbe stato possibile o avrebbe richiesto organi di protezione. Il campo di applicazione del sistema comprende specialmente gli impianti di illuminazione, in molti casi diversi, particolarmente per luoghi umidi o pericolosi per incendi, esplosioni ecc. *Ri.*

APPLICAZIONI AGRICOLE.

H. Nagel — **Trebbiatura elettrica.** (E. Wirtschaft, 5 agosto 1943, pag. 270 a 275, con 7 fig.). 4

L'A. riferisce intorno a quanto è stato fatto a questo riguardo in una zona della Polonia che era sprovvista di impianti elettrici. Dopo che furono installate alcune linee elettriche di trasmissione, si provvide a rendere possibile anche la trebbiatura elettrica. A tale scopo furono costruite alcune cabine su carro. Esse comprendevano il trasformatore, installato nella parte anteriore del carro, e il motore di comando con la relativa apparecchiatura; inoltre la stessa cabina mobile comprendeva anche il rullo di avvolgimento del cavo di collegamento; mediante la manovra di una piccola grue a mano il motore veniva sollevato, levato dal carro, e viceversa. La derivazione dalla linea ad alta tensione avveniva per mezzo di un telaio montato sul tetto del carro e che portava anche l'interruttore principale; il telaio era facilmente smontabile. La lunghezza del cavo di collegamento arrivava a 100 m. Erano predisposti i necessari mezzi illuminanti per permettere di effettuare la trebbiatura anche di notte. L'esercizio dell'impianto poteva essere affidato ai lavoratori del luogo dopo che era stato effettuato il collegamento con la linea di trasmissione ad opera del personale specializzato. La messa a terra della cabina avveniva mediante sonde infisse nel terreno. Le cabine mobili venivano anche utilizzate per alimentare altri lavori agricoli. L'A. espone anche alcune notizie circa le tariffe praticate per tali forniture di energia a scopi agricoli. Nella stessa regione, allo scopo di alimentare altre utenze minori, si sono costruite piccole cabine da palo su cui si montavano trasformatori da 5 kW; spesso si utilizzavano a tale scopo i semplici pali di linea in legno. Per utenze luce si installarono anche cabine da palo monofasi o bifasi distribuendole opportunamente sulle tre fasi della linea di trasmissione. *Ri.*

L. Piller — **I grandi essiccatoi di erba alimentati dalle Imprese Elettriche di Friburgo.** (E. Verwertung, 1944-1945, N. 1-3, pag. 24 a 26). 4

Il primo di questi essiccatoi fu installato nel 1941; assorbe una potenza di 1000 kW, ed è alimentato a 500 V da una cabina di trasformazione da palo 35 000/500 V installata a fianco dell'essiccatore. La cabina comprende due coltelli tripolari, un interruttore in olio comandabile a distanza dal quadro dell'essiccatore, 2 riduttori di tensione e 2 riduttori di corrente per le misure sull'alta tensione e per il relè di protezione a massima e il trasformatore principale da 13 000 kVA. L'essiccatore è costituito da un tamburo di rete metallica lungo 13,4 m e con 2,3 m di diametro; l'erba è convogliata al tamburo da un trasportatore a nastro e procede dentro il tamburo in virtù di una serie di forche disposte sulla faccia interna del tamburo stesso secondo una linea elicoidale. Il tutto è portato da un corpo in muratura che contiene 8 corpi riscaldatori con 8 ventilatori tutti comandati, mediante un unico albero, da un motore da 65 kW; gli 8 corpi scaldanti sono raggruppati in 4 gruppi che possono fornire rispettivamente a pieno carico: 160; 340; 300; 300 kW; per mezzo di 2 contattori per ogni gruppo ciascuno di essi può funzionare a carico 1/2; 3/4; 1/2. L'adduzione della corrente agli elementi scaldanti e al motore si è dovuta fare con cavo tipo Pirotenax in causa dell'elevata temperatura che esiste in vicinanza dei corpi scaldanti. Nel 1942 il consumo di energia è stato di 567 847 kWh per 675 000 kg di erba verde (0,84 kWh/kg); nell'annata 1943, molto secca, il consumo è sceso a 452 000 kW per 560 000 kg di erba verde (0,76 kWh/kg). Dal 1943 in poi i due ultimi corpi scaldanti non sono più utilizzati e l'essiccatoio funziona con una potenza di soli 640 kW: è diminuita la produzione oraria ma è diminuito anche il consumo specifico (da 0,84 a 0,76 kWh/kg) ed è migliorata la qualità del prodotto. Un altro essiccatoio, da 340 kW a 500 V è entrato in servizio nel settembre 1942. Esso comprende una serie di nastri trasportatori metallici che fanno muovere l'erba in modo con-

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1 D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tinuo; il riscaldamento è effettuato con un corpo scaldante principale da 260 kW diviso in due parti che permettono di funzionare a carico 1/1; 3/4; 1/2; in caso di stagione fredda o di erba molto umida si può aggiungere un corpo scaldante ausiliario, da 40 kW; la circolazione dell'aria è provocata da 2 ventilatori comandati da un unico motore di 23 kW; è previsto inoltre un dispositivo di essiccazione per cereali, da 10 kW. All'essiccatoio sono anche annessi una affastellatrice da 2,2 kW e un mulino da 9 kW per ridurre in farina l'erba secca. Il consumo di energia nel 1943 (dall'aprile al novembre) è stato di 501 000 kWh per 526 777 kg di erba fresca (0,95 kWh per kg di erba fresca), con una utilizzazione complessiva di oltre 1500 ore. L'A. mette in rilievo come si devano evitare le installazioni troppo potenti che portano inevitabilmente a basse utilizzazioni annue; la potenzialità più opportuna sembra all'A. essere quella di 400 a 700 kW secondo i casi. In generale è sempre possibile realizzare l'arresto dell'essiccatore per un'ora o due durante le punte di carico massimo della rete di distribuzione d'energia, utilizzando l'arresto per i lavori di pulitura e di manutenzione. Nei riguardi delle Società distributrici questi impianti non presentano un interesse economico. *N.*

F. Ringwald — **Esperienze di esercizio con impianti di essiccazione dell'erba nel territorio di distribuzione della Centralschweizerische Kraftwerke.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 19 a 21, con 1 fig.). 4

Alla rete della Centralschweizerische Kraftwerke sono connessi 4 grandi essiccatori elettrici di erba e altri 3 essiccatori di media potenza. I primi sono del tipo a tamburo e di essi 3 hanno una potenza unitaria di 1200 kW e il quarto, di 800 kW; dei 3 minori, del tipo a nastro mobile, 2 sono da 500 kW e uno da 250 kW. I dati che l'A riferisce in seguito si riferiscono all'annata 1943 che fu particolarmente sfavorevole per tali impianti perchè la stagione calda e asciutta indusse i contadini a preferire spesso l'essiccamento naturale, e inoltre vi fu scarsità di erba nell'estate. Con tutto ciò si ebbe per i due essiccatori maggiori un consumo di 814 500 kWh e per quello da 500 kW un consumo di 600 800 kWh, vale a dire rispettivamente una utilizzazione di 680 a 750 ore. Il consumo è stato quindi modesto, ma è interessante rilevare la grande influenza delle vicissitudini atmosferiche; infatti, ad esempio, nei mesi di maggio, ottobre e novembre l'utilizzazione fu di molte volte superiore a quella dei mesi di luglio e agosto. L'A. espone considerazioni di carattere tecnico-economico circa la organizzazione dell'apporto dell'erba all'essiccazione e alla propaganda da svolgere in tale senso presso gli agricoltori. In particolare si osserva che l'erba appena tagliata dà all'essiccazione un prodotto molto migliore, mentre se si fa seccare erba già vecchia si ha una forte perdita di proteine. Da prove eseguite su uno degli essiccatori da 500 kW si è dedotto un consumo di 1,02 a 1,21 kWh per ogni kg di acqua evaporata; nel maggio 1944, nelle prime 3 settimane si verificò un consumo medio sensibilmente inferiore 0,96 kWh per kg di acqua evaporata, con erba contenente circa l'80 % di acqua; l'A. attribuisce questo fatto alla sopravvenuta completa essiccazione delle murature dell'essiccatore che era stato installato nel 1943. L'essiccatoio venne usato anche largamente per l'essiccazione di biade, dando luogo a un consumo di 1,37 kWh per ogni kg di acqua evaporata quando il caricamento si faceva a covoni, e di 1,47 kWh/kg quando il caricamento si faceva con spighe sciolte Nel confronto fra essiccatoi a tamburo o a nastro l'A. è decisamente favorevole a questi ultimi. *N.*

P. Schwab — **L'essiccatore a nastro Bucher-Guyer.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 43 a 45, con 3 figure). 4

Si tratta di un essiccatore a riscaldamento elettrico studiato principalmente per l'essiccazione artificiale dell'erba. Esso è di costruzione semplice importando un solo nastro trasportatore, che si muove in una lunga camera percorsa dall'aria calda. Il materiale da essiccare non ha moto relativo rispetto al nastro; viene caricato a una estremità della camera e scaricato all'altra estremità. Il nastro è largo 2 m; la permanenza nell'essiccatore viene regolata fra 10 e 25 minuti a secondo del grado di umidità del materiale da essiccare. La camera è costruita con pareti in muratura bene isolate. Sotto al nastro sono disposte delle celle in lamiera contenenti ciascuna un ventilatore per la circolazione dell'aria; questa viene fatta circolare circa 50 volte attraverso i tubi di vapore e lo strato di erba da essiccare e ogni volta viene riscaldata. Si arriva così a raggiungere un grado di umidità dell'aria fino del 95 %; l'aria umida viene scaricata presso alla bocca di carico dell'erba fresca con una temperatura di 60 a 70 °C. Il riscaldamento è ottenuto con tubi di vapore generato in una caldaia elettrica esterna all'essiccatore; secondo l'A. il riscaldamento diretto con resistori avrebbe l'inconveniente che la molta polvere che si produce si deposita sui resistori diminuendo l'efficacia della trasmissione di calore con conseguente surriscaldamento dei resistori stessi. La parete in muratura è ad intercapedine nella quale sono disposti fogli di alluminio; sebbene la temperatura dell'aria interna sia soltanto di 140 °C, tuttavia va tenuto presente che il coefficiente di trasmissione è molto elevato causa la forte velocità dell'aria. Esperienze prolungate 20 ore con diversi tipi di erba hanno rivelato un consumo di 0,913 kW (785 calorie) per ogni kg di acqua fatta evaporare, il che corrisponde a un rendimento di 80 %, comprendendovi quello della caldaia elettrica e tenendo anche conto dell'energia consumata dai motori. L'essiccatore si presta a trattare, oltre l'erba, anche una quantità di altri prodotti agricoli: legumi, biade, frutta affettata ecc., e anche altri materiali, come cellulosa. La durata di essiccazione può essere fatta variare in modo continuo, con la manovra di un volantino, fra 5 e 30 minuti. Quando si essicca erba, si monta, poco dopo l'ingresso, un dispositivo che sommuove lo strato di materiale agitandolo; si ottiene in tal modo un aumento del 10 % nella produzione. L'uso del riscaldamento indiretto con caldaia elettrica non è conveniente per produzioni inferiori a 600 kg/h; per produzioni superiori conviene adottare caldaie elettriche ad alta tensione, 17 000 V ed oltre, evitando il trasformatore. Col riscaldamento diretto a resistori si deve scendere fino a circa 500 V e il trasformatore è indispensabile. Naturalmente l'essiccatore può essere alimentato anche con vapore d'altra provenienza quando esso sia disponibile come avviene in certe industrie. *N.*

H. E. Meuche — **Essiccatore universale trasportabile Brown Boveri per foraggi, con ricupero di calore.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 59 a 65, con 8 figure). 4

I grandi essiccatoi per erba, della potenza da 600 a 1200 kW sono naturalmente fissi e vincolati alla località di installazione, il loro raggio di azione utile non si estende praticamente oltre 10 km. Per i bisogni delle aziende agricole fuori delle zone servite da tali impianti è stato studiato un tipo di essiccatore elettrico trasportabile, provvisto di ricupero di calore, della potenza di 10,5 kW, che può essere direttamente inserito su una rete a 380 V; esso può servire oltrechè per l'essiccazione di erba, anche per l'essiccazione di molti altri prodotti agricoli. Il modello trasportabile è derivato da un primo tipo fisso che aveva pareti in muratura con isolamento termico; successivamente si adottarono invece pareti di legno. Il complesso consta di due parti: l'essiccatore principale e il pressiccatore; l'essiccazione avviene in due stadi con diversi gradi di umidità, ciò che permette di raggiungere l'essiccamento senza danneggiare i tessuti vegetali. Nel pressiccatore avviene il riscaldamento del materiale in un miscuglio di aria e di vapore e, grazie all'alto contenuto di umidità, il calore penetra rapidamente nell'interno del materiale da essiccare. Appena raggiunta la temperatura di 58 a 60 °C il materiale è reso sterile e protetto contro eventuali fermentazioni che potrebbero produrre una diminuzione del contenuto di zucchero. Col procedere del processo di essiccazione diminuisce il grado di umidità nell'essiccatore principale cosicchè la sottrazione di acqua dai tessuti vegetali avviene rapidamente e senza alterazioni dannose. La circolazione dell'aria è provocata da 2 ventilatori comandati da un unico motore. Il coperchio dell'essiccatore principale è costituito da lamiere ondulate sulle quali si condensa il vapor d'acqua; l'acqua condensatasi viene scaricata all'esterno; il calore di condensazione viene ceduto, attraverso le lamiere, all'aria di circolazione del preessiccatore riscaldandola fino a 30÷40 °C. Ciò permette una forte evaporazione nel preessiccatore nel quale viene eliminato circa il 50 % del contenuto totale di acqua. Nell'essiccatore principale la temperatura è mante-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nuta, da un termostato, a valori tali da portare il materiale fra 60 e 90 °C. Appena il materiale ha raggiunto il grado di essiccamento voluto, la fornitura di energia viene automaticamente interrotta. In un diagramma è riportato l'andamento dei consumi in kWh per unità di prodotto essiccato, in funzione della temperatura e della umidità dell'aria esterna; essi variano, secondo le condizioni, fra 200 e 300 kWh per ogni 100 kg di prodotto secco, con riferimento a erba fresca coll'80 % di umidità. La produzione giornaliera, funzionando 18 ore, è di 50 a 90 kg di erba seccą. Il tempo di essiccazione di una carica dura circa 1h 30'; il servizio di carico e scarico richiede circa 15 minuti. Il consumo giornaliero di energia risulta di circa 180 kWh. L'A. svolge in base ai prezzi vigenti nella Svizzera, un conto analitico del costo dell'essiccazione dell'erba. L'essiccatoio può anche essere utilizzato per legumi, frutta affettata ecc. Sono in proposito riportati alcuni dati. Con un consumo di 1250 kWh si essiccarono in 10 giorni 2 tonnellate di pere e di prugne evaporando 1,6 tonnellate di acqua ciò che rappresenta 0,668 kWh per ogni kg di frutta e 675 calorie per ogni kg d'acqua evaporata. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

U. V. Büttikofer — **Limiti di convenienza di diversi campi di applicazione di impianti di termopompe.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 128 a 134, con 1 fig.). 5 f

Quando si tratta di sostituire un impianto a combustibile con uno a termocompressione bisogna anzitutto osservare se non sia più conveniente perfezionare l'impianto esistente. Il confronto di convenienza va quindi svolto sempre fra l'installazione di una termopompa e il corrispondente impianto a combustibile realizzato nel modo più perfetto. Su questa base l'A. cerca di stabilire quali siano i limiti in cui, per diversi tipi di impianto e di esercizio, riesce economicamente conveniente l'installazione di pompe di calore. Dato fondamentale da tenere presente in tali confronti è la cifra di merito dell'impianto di termopompa, cioè il rapporto fra la quantità di calore reso disponibile e la energia elettrica spesa a tale scopo. Tale rapporto ε è funzione della differenza fra la temperatura T_1 a cui è reso disponibile il calore e la temperatura T_2 a cui esso è preso; precisamente $\varepsilon = \eta\, T_1/(T_1 - T_2)$. Praticamente si possono distinguere 4 categorie di impianti caratterizzati dai valori di ε e cioè $\varepsilon = 2$ a 3; $\varepsilon = 4$ a 5; $\varepsilon = 5$ a 10; $\varepsilon = 10$ a 20. Vi corrispondono impianti di categoria *A*: utilizzazione del calore ambiente per essiccazione, riscaldamento d'aria, acqua calda, ecc.; categoria *B*: riscaldamento di ambienti (temperature di 70 a 90 °C); categoria *D*: preparazione di acqua calda per scopi industriali utilizzando vapori di scarico; categoria *E*: impianti di evaporazione con riutilizzazione dei vapori stessi (termocompressione propriamente detta). Un altro dato fondamentale è quello della utilizzazione annua che per le varie categorie può assumersi in media così: categoria *A*: 1500 a 3000 ore; categoria *B* e *C*: 1400 a 1700 ore; categoria *D*: oltre 3000 ore; categoria *E*: 3000 a 8000 ore. L'A. stabilisce la equivalenza del kWh rispetto al kg di carbone da 7000 cal/kg, per i vari casi di impianto. Introduce poi alcune ipotesi di prezzi del carbone e dell'energia elettrica e in base a tali confronti, alla considerazione della cifra di merito dei vari tipi di impianti e tenendo conto delle ore annue di utilizzazione e della potenzialità dell'impianto arriva a stabilire i limiti di condizioni entro i quali un impianto di termocompressione può riuscire, nei casi possibili, economicamente conveniente. I risultati sono poi tradotti in un diagramma e in una tabella numerica. *N.*

M. Egli — **Il progetto dell'impianto di termopompe del nuovo Ospedale cantonale di Zurigo.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 155 a 160). 5 f

Era stato previsto che l'impianto, effettuato nel 1937, di termocompressione per il riscaldamento del Rathaus di Zurigo e quello, del 1938, per il Technikum di Winterthur, avrebbero servito come impianti sperimentali per il successivo studio dell'impianto di riscaldamento per l'Ospedale cantonale di Zurigo. Diverse considerazioni relative alle condizioni di esercizio, alle esigenze del servizio e ai costi di impianto consigliarono di ricorrere a un impianto misto, con termopompe e caldaie a combustibile. Una tale combinazione offre la necessaria elasticità per il servizio di un ospedale e permette di realizzare una combinazione di riscaldamento per radiazione e per convezione. Le condizioni locali sono tali che, tolti i 50 giorni più freddi dell'anno, il fabbisogno degli altri giorni può essere coperto anche con una potenzialità solo metà di quella necessaria per il giorno più freddo. Le cose sono state previste in modo che su 31,5 miliardi di calorie necessarie complessivamente in un anno, circa il 72 %, cioè 22,5 miliardi, siano forniti dalle termopompe e la rimanente parte dall'impianto a combustibile. Questo consumerà circa 1850 tonnellate di carbone e si può quindi contare che le termopompe facciano realizzare una economia annua di circa 4450 tonnellate di carbone. L'impianto di evaporazione per la termocompressione è installato sulla riva del fiume Limnat di cui utilizza il calore per produrre l'evaporazione di ammoniaca; i vapori così prodotti vengono addotti, con una tubazione lunga 750 m, fino all'Ospedale dove è installato un gruppo compressore da 2400 kW, dove la loro temperatura viene elevata a 60 °C; essi passano poi al condensatore dove cedono il loro calore all'acqua dell'impianto di riscaldamento. La potenzialità massima dell'impianto di termopompa è di 5,5 milioni di calorie/ora per una temperatura di 1,5 °C dell'acqua del fiume. *N.*

B. Bauer — **La pompa di calore, la sua teoria fisica e la sua funzione economica.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 147 a 152, con 8 fig.). 5 f

L'A., dopo alcune considerazioni circa le leggi della conservazione dell'energia e dell'aumento dell'entropia, confronta lo schema fondamentale di un impianto a vapore per produzione di energia con quello di un impianto di termopompa. Nel primo, il vapore uscente dalla caldaia con un contenuto termico Q_1 a temperatura T_1 si espande nella turbina dando luogo alla produzione di energia elettrica Q_e e passa al condensatore in cui abbandona il calore Q_2 alla temperatura T_2 dell'acqua di circolazione, e il condensato torna in caldaia. Nello schema di termocompressione il fluido è, per esempio, ammoniaca liquida che bolle a temperatura bassa; nell'evaporatore, un serpentino in cui circola ad esempio l'acqua di un fiume, produce l'evaporazione dell'ammoniaca; il vapore asporta una quantità di calore Q_2, a temperatura T_2, tolta all'acqua del fiume, e va al compressore dove, col consumo di una energia elettrica Q_e, viene portata a temperatura T_1, e passa poi al condensatore dove cede (ad esempio, a un impianto di riscaldamento domestico) il calore $Q_1 = Q_e + Q_2$ condensandosi per ritornare poi all'evaporatore. Nel caso di impianti di produzione di energia si cerca di raggiungere una temperatura T_1 assai elevata per avere grande il rapporto Q_e/Q_1, mentre nella termocompressione si cerca di avere T_1 vicino a T_2 per avere piccolo il rapporto Q_e/Q_1. In un diagramma avente come ascisse T_1 e ordinate Q_e/Q_1 si possono individuare molto efficacemente, su una famiglia di curve corrispondenti a diversi valori di T_2, le zone di funzionamento corrispondenti a impianti di turbine a gas, di motori a combustione interna, di turbine a vapore con condensazione o contropressione, di pompe di calore a aria o a liquido. Le pompe di calore sono anche interessanti perchè permettono di effettuare a mezzo dell'elettricità un riscaldamento a distanza in cui la quantità di energia Q_e elettrica trasportata, dalla centrale al luogo di utilizzazione, è piccola rispetto alla quantità di calore Q_1 utilizzata e assai minore di quella che si sarebbe dovuto trasportare per effettuare lo stesso riscaldamento per mezzo di un impianto a resistori. Le applicazioni delle pompe di calore sono svariatissime; nella industria è importantissima quella per gli impianti di evaporazione, concentrazione ecc., qui la termopompa prende il calore già a temperatura elevata. Quando invece la sorgente disponibile di calore è a bassa temperatura le condizioni di funzionamento sono praticamente tollerabili soltanto se la temperatura massima è poco diversa da quella d'origine; perciò nel caso di riscaldamento di locali con termopompe conviene ricorrere ai sistemi a radiazione (pannelli sulle pareti, sui soffitti ecc.), piuttosto che a quelli a convezione perchè coi primi si possono adottare temperature minori per i corpi scaldanti. Particolare interesse presentano gli impianti di riscaldamento a termopompa che impiegano l'aria come agente ausiliario, perchè con essi è facile in estate realizzare invece la refrigerazione degli ambienti stes-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

si. La termopompa ad aria ha subìto notevoli perfezionamenti fra i quali l'A. ricorda l'adozione del compressore ausiliario, la macchina a compressione-espansione del Lèbre. In generale l'impianto di termopompa è conveniente soltanto per grandi potenzialità e per elevato numero di ore annue di utilizzazione. *N.*

APPLICAZIONI VARIE.

M. von Ardenne — **Nuovi progressi nell'ultramicroscopio.** (Europa Technik, 1944, N. 2, pag. 111 a 115, con 9 figure). **6 b**

Nel microscopio elettronico il potere risolutivo, l'ingrandimento, le modalità di illuminazione dell'oggetto, e la possibilità di influire su di esso durante le osservazioni dipendono quasi esclusivamente dal tipo costruttivo dell'obbiettivo. Riesce quindi assai comodo poter cambiare con facilità gli obbiettivi tanto più che il loro costo costituisce sempre una piccola percentuale del costo totale di installazione dell'apparecchio. A tale scopo è stato sviluppato il tipo di ultramicroscopio detto universale nel quale il sistema obbiettivo è appunto facilmente sostituibile. Esso costituisce il primo esempio di possibilità di osservazione all'ultramicroscopio in campo oscuro, e di osservazioni stereoscopiche ed ha pure permesso le prime osservazioni all'ultramicroscopio di oggetti viventi e di oggetti sottoposti a riscaldamento, anche elevato, durante l'osservazione. Continuando il perfezionamento dell'apparecchio secondo tali direttive, è stato anche possibile introdurre un dispositivo che permette, durante le osservazioni, di far pervenire a contatto dell'oggetto un gas e studiare in tal modo varie reazioni chimiche. Tutte queste osservazioni possono anche venire registrate cinematograficamente con l'ausilio di una camera cinematografica a vuoto. È pure possibile eseguire osservazioni ristrette a piccolissime zone dell'oggetto, mediante fasci di elettroni aventi un diametro fino a soltanto 1/1000 mm. Per ottenere immagini nitide bisogna evitare ogni deformazione del fascio elettronico e quindi mantenere nell'interno dell'istrumento un elevatissimo grado di vuoto. La camera di osservazione per le reazioni chimiche ha dimensioni piccolissime e porta in corrispondenza al fascio di elettroni, sopra e sotto, una apertura finissima la quale permette il passaggio del fascio, mentre impedisce che la pressione regnante nella camera stessa si propaghi nel tubo dell'istrumento. Si possono così studiare reazioni fra corpi liquidi o solidi e gas ed anche fra gas; si possono osservare direttamente fenomeni del genere di quelli di catalizzazione, di sublimazione, condensazione ecc. Il fatto che nell'apparecchio regni un alto grado di vuoto ha permesso di effettuare osservazioni di oggetti riscaldati fino a 2 000 °C senza che il calore venga propagato per convezione al tubo dell'apparecchio; l'oggetto da osservare viene montato su una leggera lamina di platino portata da uno speciale sopporto e avente un foro per il passaggio del fascio; la lamina viene riscaldata elettricamente. L'adozione del dispositivo di registrazione cinematografica nel vuoto ha reso necessario introdurre un sistema di ripartizione del grado di vuoto entro il microscopio. Si sono potuti ottenere così risultati di osservazione assai interessanti anche di fenomeni avvenenti ad alte temperature, come la fusione di sferette di uranio, riconoscendo che il suo punto di fusione è di circa 1050 °C anzichè 1300 °C come si riteneva. La osservazione di oggetti viventi era impedita nell'ultramicroscopio dal fatto che i raggi elettronici provocavano la morte rapidissima della sostanza vivente. Si è superata la difficoltà con un tipo di obbiettivo speciale che permette di eseguire le lunghe operazioni di messa a fuoco dell'oggetto mantenendolo, per la maggior parte della sua superficie, schermato dal fascio elettronico il quale viene poi applicato a tutto l'oggetto soltanto per il tempo strettamente necessario per la registrazione fotografica. Si sono così potuti osservare fenomeni riguardanti la riproduzione di bacilli ecc. L'ingrandimento oggi raggiungibile con l'ultramicroscopio è circa 100 volte maggiore di quello ottenibile con un microscopio ottico. *Ri.*

H. Karbn — **L'economia dell'energia nella produzione delle fibre artificiali.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 134 a 140). **6 c**

L'A. espone anzitutto alcune nozioni generali intorno alla produzione delle fibre tessili artificiali, specialmente della seta artificiale e della cosiddetta lana di legno; entrambi questi prodotti sono ricavati da una soluzione di cellulosa, la viscosa. Nel caso della seta artificiale si può ritenere in media che per una produzione di 1000 kg in 24 ore occorrono circa 1000 fusi, cioè 10 macchine da 100 fusi; una fabbrica di media grandezza conta circa 50 di tali macchine. Nel caso della lana di legno la produzione giornaliera di una fabbrica media si aggira sulle 20 tonnellate. In queste industrie l'energia viene usata sia come energia elettrica per il comando delle macchine sia come energia termica per processi di riscaldamento. Le lavorazioni fino alla filatura esclusa, richiedono circa 0,7 kWh per kg di prodotto e 150 calorie pure per kg di prodotto (quest'ultimo valore può variare da 1 a 2 secondo la temperatura esterna). Queste lavorazioni non possono venire interrotte e si deve quindi contare su almeno 8000 ore lavorative all'anno. Per la filatura propriamente detta della seta artificiale bisogna distinguere due metodi di lavorazione secondo che il filo viene prima avvolto su una bobina e poi torto su macchine speciali, oppure viene torto sulla macchina stessa di produzione e successivamente essiccato ecc.; col primo sistema è minore il consumo di forza motrice e di calore nella operazione di filatura, mentre nelle operazioni successive è maggiore il consumo di forza motrice rispetto al secondo sistema mentre il consumo di calore è circa eguale. Come consumo medio di energia si può ritenere: 4,3 kWh/kg di seta artificiale prodotta col primo metodo suddetto, e 6,1 kWh/kg col secondo metodo; per la lana di legno 2,1 kWh/kg di prodotto. L'utilizzazione della potenza massima si può ritenere di circa 7000 ore annue. Per una produzione giornaliera di 10 tonnellate si hanno i seguenti valori: consumo annuo 14×10^6 kWh, potenza massima 2200 kW, utilizzazione media 6400 ore; questi dati valgono per la seta artificiale secondo il primo sistema; col secondo sistema essi diventano rispettivamente 20×10^6 kWh, 2750 kW, 7300 ore; e per la lana di legno 7×10^6 kWh, 950 kW, 7400 ore. Il consumo di calore nel caso della seta artificiale può ritenersi di circa 12 000 calorie per kg di prodotto, in estate e 20 000 cal/kg in inverno; per la lana di legno, rispettivamente 8000 e 9000 cal/kg; tali dati possono però variare notevolmente da caso a caso. La temperatura necessaria per le lavorazioni non supera 120 °C e quindi si usa di solito vapore a 3÷5 atmosfere. Si presenta quindi vantaggioso l'impiego di turbine a contropressione per la produzione dell'energia occorrente come forza motrice. Usando pressione di 50 atmosfere a 500 °C, con 3 atmosfere di contropressione, si può far conto di ricavare circa 0,16 kWh per kg di vapore. Per una produzione di 10 tonnellate al giorno si può contare, in inverno, su un consumo di 12 000 kg/h di vapore per la seta artificiale e di 6000 kg/h per la lana di legno, e rispettivamente su una produzione di 1900 e di 950 kW. Nel caso della lana di legno si può quindi coprire l'intero fabbisogno di forza motrice. L'A. considera poi le possibilità di impiego, in queste industrie, delle pompe di calore. Presenta a tale scopo un quadro della distribuzione dei consumi di calore nelle varie lavorazioni indicando per ciascuna di esse anche la corrispondente temperatura. Le condizioni non sono molto favorevoli all'impiego della pompa di calore; solo un terzo circa del fabbisogno di calore avviene a temperature che permettono di utilizzare, con termopompe, il calore ambiente; una applicazione utile potrebbe trovarsi in relazione ai dispositivi di concentrazione delle soluzioni ricuperate per i bagni di filatura e anche per la utilizzazione del calore delle acque di lavorazione. *N.*

CONDUTTURE.

Ricerche con pali impregnati nella Svezia e nella Finlandia. (E. Wirtschaft, 5 aprile 1943, pag. 145 a 147, con 4 fig.). **9 b**

Fino a qualche anno fa nella Svezia si usava esclusivamente la impregnazione dei pali in legno con creosoto o prodotti analoghi. Le difficoltà dei rifornimenti hanno fatto prendere in considerazione la impregnazione con prodotti arsenicali; al riguardo si sono compiute esperienze e si sono già fatte importanti applicazioni e l'A. riferisce in merito. Il materiale di impregnazione (secondo il metodo Boliden) consiste in una miscela di acido arsenioso, arseniato di sodio e bicromato di potassio; la miscela contiene circa 50 % di As_2O_5. Per l'impregnazione di pino svedese

Biblioteca nazionale centrale di Roma

si impiega una soluzione di 16 a 25 kg di tale miscela con 12 a 19 kg di solfato di zinco in 1000 litri d'acqua; la soluzione contiene da 0,8 a 1,25 % di As_2O_5. I pali da impregnare vengono riscaldati in un tino aperto, con tubi di vapore per 12 a 16 ore; poi si introduce nel tino la soluzione nella quale il legno viene mantenuto per 24 ore assorbendo circa da 200 a 300 litri di soluzione per ogni m³ di legno. Per pali dello stesso tipo non impregnati si è riscontrato che la resistenza a corrente alternata è alta se l'umidità è piccola ma scende rapidamente se essa aumenta, come avviene per i pali in opera all'aperto. Furono fatte prove con elettrodi distanziati di un metro, applicando una tensione di 300 V, su 10 pali vecchi e 10 pali recentemente tagliati. I risultati riportati in diagramma e commentati dall'A. confermano le variazioni di resistenza col progressivo essiccamento del palo. I pali impregnati col sistema Boliden presentano a questo riguardo un comportamento del tutto analogo; la loro resistenza va aumentando col tempo e tale aumento prosegue finchè tutte le particelle solubili vengono asportate dalla pioggia; perciò i pali impregnati vanno elettricamente migliorando durante il primo anno di esercizio. Vengono in proposito riportati alcuni dati numerici. I pali impregnati con creosoto o materie analoghe presentano caratteristiche di resistenza migliori di quelli naturali, finchè sono impregnati di fresco ma col tempo vanno peggiorando perchè l'impregnatura evapora dagli strati esterni i quali restano così porosi e igroscopici; tuttavia restano per molti anni migliori di quelli naturali; anche qui sono riportati dati numerici, e diagrammi. Per i pali impregnati col sistema Bolinden l'azione della umidità sulla diminuzione di resistenza è molto sentita se il contenuto di As_2O_5 supera l'uno per cento, mentre ha poca importanza se è inferiore all'8 %; la influenza più sentita si ha ad ogni modo se l'umidità è contenuta fra 30 e 60 %. Per quanto riguarda la rigidità dielettrica, la umidità ha poca influenza; per tutti i pali impregnati o no, asciutti o umidi la tensione di scarica a impulso è dell'ordine di 3,5 a 4 kV/cm. Pare però che i pali impregnati col sistema Bolinden presentino qualche vantaggio perchè hanno meno tendenza a sfasciarsi sotto l'effetto della scarica, come è dimostrato da dati statistici riportati. Qualche vantaggio viene anche affermato riguardo al pericolo che può derivare a chi tocchi un palo di linea. Sotto l'effetto di forti gradienti i pali di qualunque tipo possono prendere fuoco. I pali impregnati tipo Bolinden bruciano con minore facilità degli altri; viene a tale proposito introdotto un cosidetto fattore di fuoco il quale ha il minimo valore per tali pali in confronto con quelli naturali o impregnati al creosoto. L'A. riporta anche notizie circa le norme di installazione emanate nella Svezia per l'impiego dei pali Bolinden. *Ri.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

W. Willing — **La vita economica delle lampade a incandescenza.** (E. Wirtschaft, 5 maggio 1944, pag. 128 a 134, con 4 fig.). **19 d**

In questi ultimi anni si è andata manifestando la tendenza verso un aumento della durata di vita più conveniente per le lampade a incandescenza, il cui valore, dalle convenzioni in vigore, è fissato in 1 000 ore. L'A. discute la questione dal punto di vista tecnico ed economico. La vita di una lampada dipende dalla temperatura del filamento. Le relazioni fra durata L, flusso luminoso F, potenza N, e tensione U, sono le seguenti: $L_1/L_2 = (U_1/U_2)^x$; $F_1/F_2 = (U_1/U_2)^y$; $N_1/N_2 = (U_1/U_2)^z$. I valori degli esponenti dipendono dal tipo e dalla lavorazione della lampada, ma possono assumersi i seguenti valori medi: $x = 13{,}0$ a $14{,}5$; $y = 3{,}8$; $z = 1{,}6$. Il rendimento di una lampada è espresso da $\eta = F/N$ (lumen/watt). In base a quanto detto sopra si può scrivere $(\eta_1/\eta_2)^{6{,}5} = L_2/L_1$. Le relazioni scritte non tengono però conto dell'invecchiamento della lampada: in causa dell'evaporazione il diametro del filamento si va restringendo e quindi diminuisce l'intensità di corrente e il flusso emesso. Inoltre il tungsteno evaporato si deposita sul vetro del palloncino costituendo uno schermo che diminuisce il flusso uscente. Col crescere della temperatura aumenta rapidissimamente il fenomeno della evaporazione del tungsteno. In ricerche sulla durata delle lampade bisogna quindi rilevare anche le variazioni di flusso emesso durante la vita della lampada perchè da questo fattore è influenzata la vita utile (di convenienza economica) della lampada. L'A. riferisce intorno a ricerche eseguite a tale scopo con un dispositivo che assicurava il mantenimento di una tensione costante entro 0,3 %. I vari gruppi di lampade furono esperimentati rispettivamente con tensione nominale e con tensione superiore o inferiore del 3,5 % a quella. Ogni gruppo di 24 lampade veniva tenuto acceso 8 ore al giorno; il flusso luminoso veniva misurato mediante sfera di Ulbright almeno 5 volte durante la prova di durata. I risultati delle esperienze sono riportati in diagramma e vengono commentati e discussi dall'A. Il consumo di energia per illuminazione nel grande Reich è stimato dall'A. in circa 5 miliardi di kWh all'anno. La spesa K per illuminazione con lampade a incandescenza può essere espressa dalla seguente relazione che tiene conto di tutti i fattori: $K = (a/\eta)\,[(G + A)/\eta LN]$, dove N è la potenza in kW, L la vita in ore, a il costo dell'energia per kWh, G il prezzo di acquisto di una lampada, A la spesa per la sostituzione di una lampada. Il costo K viene espresso in lire per 1000 lumen emessi. Dal complesso dei risultati e tenendo conto dei costi correnti, l'A. giunge alla conclusione che per tutti i tipi di lampade a incandescenza la durata di massima convenienza sta fra 1500 e 2000 ore. Se però entrano in gioco spese sensibili per la sostituzione la durata di massima convenienza risulta ancora aumentata fin verso 3000 ore ed oltre. L'aumento della vita utile da 1000 a 2000 ore porterebbe secondo l'A. i seguenti vantaggi: diminuzione del consumo di lampade e quindi risparmio di materiali, risparmio di mano d'opera, ma porterebbe un aumento di circa il 10 % nel consumo di energia per illuminazione. Per quanto riguarda la diminuzione di luminosità media e le conseguenze che se ne potrebbero temere per il rendimento del lavoro operaio, l'A. osserva che la diminuzione media di luminosità è dell'ordine di 5 % e quindi non può essere tale da influire notevolmente in tale senso. *Ri.*

IMPIANTI.

A. Rauch — **Aumento della potenza di piccoli impianti idroelettrici mediante riparazioni o modificazioni dell'installazione.** (E. Wirtschaft, 5 maggio 1944, pag. 123 a 128, con 9 fig.). **20 i**

Nel caso di piccoli impianti idroelettrici di costruzione invecchiata si può spesso ottenere un aumento della potenza e della energia sviluppabile nell'anno mediante accurate riparazioni di alcune parti oppure con modifiche più o meno profonde all'impianto. Nelle piccole dighe tracimanti succede spesso, a lungo andare, che si formino escavazioni a valle della diga stessa con pericolo della stabilità e necessità di lunghe riparazioni; occorre attentamente sorvegliare e provvedere a tempo al riempimento delle fosse e alle protezioni relative. Nelle dighe mobili, nelle paratoie ecc. si manifestano difetti di tenuta che hanno per conseguenza perdite di portata a scapito della energia ricavabile; anche queste vanno sorvegliate e riparate sollecitamente. Le opere di presa possono dare luogo a perdite se si dipartono troppo bruscamente dal letto del fiume; la formazione di vortici agli angoli può diminuire la portata effettiva che entra nel canale. Perdite possono avvenire nei canali di adduzione se il fondo e le pareti hanno un coefficiente di scabrezza troppo elevato, o se la velocità dell'acqua è troppo elevata o se avvengono piccole frane delle pareti in terra o ingorghi di qualunque genere; tutte queste cause di perdite vanno sorvegliate e possono essere facilmente eliminate. Le griglie troppo strette danno pure luogo a perdite di carico; va curata particolarmente la pulizia delle griglie per evitare intasamenti. Nel caso delle turbine in camera libera è necessario che sopra la macchina vi sia un sufficiente spessore di acqua altrimenti la chiamata dà luogo a vortici con perdite di potenza; tali vortici sono difficilmente riconoscibili dall'alto; fenomeni analoghi possono avvenire alla imboccatura delle tubazioni forzate. Un sintomo della formazione dei vortici di questo tipo è la formazione di bolle d'aria nelle vene liquide o la generazione di rumori entro di esse. Si può ovviare facilmente a tale inconveniente con piccole modifiche alla camera di carico. Acque ricche di calce possono dar luogo a incrostazioni sulle palette del distributore o della girante, con conseguente diminuzione della portata utile e del rendimento; occorre eseguire una ispezione almeno una volta all'anno. Acque che portino in sospensione sabbie producono corrosioni alle varie parti delle macchine;

Biblioteca nazionale centrale di Roma

bisogna provvedere alle necessarie riparazioni con saldature ecc. Anche nel tubo di aspirazione allo scarico della turbina possono avvenire perdite eccessive se la sua lunghezza è troppo corta o se pesca troppo poco in modo che, ad acque basse, la sua bocca possa emergere. Particolare riguardo va poi rivolto alle possibilità di migliorare l'accoppiamento fra turbina e macchina elettrica, se esso non è effettuato in modo diretto; quando questa soluzione non sia adottabile per ragione del numero dei giri od altro, si ricorra a ingranaggi di precisione in bagno d'olio. Molto spesso nei vecchi impianti si può ottenere un grande aumento di potenza con modifiche o sostituzioni delle turbine. Prima di procedere alla sostituzione bisogna prendere in considerazione una quantità di fattori, come il numero dei giri, il collegamento coi generatori, l'andamento delle portate disponibili e del salto, la possibilità di aumentare il salto utile o la portata da sfruttare. L'A. illustra parecchi esempii di sostituzioni effettuate in vecchi impianti, mettendo in evidenza i risultati ottenuti che in certi casi sono stati assai rilevanti. *Ri.*

INSEGNAMENTO, ISTITUTI, SCUOLE, LABORATORI, ECC.

Laboratori sperimentali nella Svizzera. (E. Verwertung, ottobre 1943-44, N. 10, pag. 194 a 197, con 4 fig.). 23

La Brown Boveri di Baden ha costruito un nuovo laboratorio per alte tensioni specialmente in vista degli studi necessari in relazione alla tendenza ad elevare la tensione di trasmissione dell'energia a grandi distanze fin verso 400 kV. Nel nuovo laboratorio è perciò installato un trasformatore di prova per frequenza industriale fino a 1600 kV contro terra; un raddrizzatore che, in unione coll'impianto a corrente alternata, permette di ottenere tensioni continue di 1200 kV; un impianto per tensioni di impulso a fronte ripido per tensioni di cresta fino a 2400 kV contro terra. La tensione di prova di 1600 kV è ottenuta con due trasformatori collegati in cascata; uno di essi eleva la tensione fino a 1200 kV e finchè non si deve superare tale tensione il trasformatore funziona da solo, mentre l'altro trasformatore rimane disponibile per altre prove fino a 400 kV. Il locale principale del laboratorio ha dimensioni di 24×31 m, con una altezza di 15 m. Una metà del laboratorio è destinata alle prove con frequenza industriale, l'altra metà alle prove con tensioni di impulso; le prove possono essere eseguite contemporaneamente. I comandi e le osservazioni delle esperienze si eseguiscono da una galleria sopraelevata di 3,6 m che corre lungo due lati adiacenti del locale. Un'altra galleria di osservazione corre, superiormente a questa, ad una altezza di 7,3 m. Non vi è alcuna grue a ponte onde non intralciare le manovre e gli adattamenti da compiere caso per caso per le condutture ecc.; il materiale viene introdotto nel locale su carrelli a rotaie. Il locale di prova è provvisto di finestre, oscurabili a volontà con comando a distanza. Un locale adiacente, di 500 m², serve per prove fino a 150 kV a frequenza industriale e a 300 kV per onde di impulso. Nelle pareti del locale principale vi sono delle aperture, a porta scorrevole, di 6×6 m, le quali permettono di effettuare i necessari collegamenti fra l'interno del laboratorio ed eventuali oggetti in prova di dimensioni troppo grandi per poter venire introdotti nel locale. L'inaugurazione del laboratorio ha dato luogo ad alcune interessanti dimostrazioni sperimentali. *N.*

MOTORI PRIMI.

H. Schlicke — **Adattamento dei focolari a combustibili ricchi di umidità e di ceneri.** (E. Wirtschaft, ottobre-dicembre 1944, pag. 307 a 309, con 2 fig.). 30 d

Le vicende di guerra e le difficoltà dei rifornimenti rendono spesso necessario utilizzare combustibili ricchi di ceneri o di umidità. Non è in generale possibile utilizzare razionalmente tali combustibili in focolari esistenti, costruiti per combustibili ricchi, ed è necessario procedere ad opportuni adattamenti. Il potere calorifico di questi combustibili scadenti è naturalmente alquanto inferiore a quello dei combustibili di prima qualità; il contenuto di umidità passa da circa 4 a 5 % fino a 8 a 15 %; così elevati tenori di umidità richiedono molto calore per l'essiccazione e sulle griglie si allungano corrispondentemente le zone di essiccazione e di gasificazione e quindi diminuisce la quantità di combustibile bruciabile per m² di griglia; inoltre con l'umidità aumentano le perdite al camino per il maggior contenuto di vapor d'acqua. L'aumento del contenuto di ceneri da 6 od 8 % fino a 12 o 16 ed anche 22 % porta come conseguenza un aumento di scorie durante la combustione; diminuisce il rendimento del focolare in misura di circa 0,4 % ogni 1 % di aumento del contenuto di ceneri. Queste influenze dannose si fanno sentire specialmente nei casi in cui il focolare era già proporzionato in misura scarsa o appena sufficiente al suo compito e specialmente quando le griglie, costruite per carbon fossile di buone qualità in pezzatura noce, sono corte, con piccola zona di accensione e con pareti di focolare raffreddato ad acqua. Per rimediare agli inconvenienti si può ricorrere a vari provvedimenti. Nei piccoli impianti o nei vecchi grossi impianti in cui ciò non sia fatto, si può ricorrere al preriscaldamento dell'aria fino 200 e anche 225 °C; si utilizzano così meglio i gas combusti ma si eleverebbe troppo la temperatura del focolare, ciò che nei vecchi impianti spesso non è tollerabile; tale provvedimento va quindi combinato con quello di far ritornare in ciclo nel focolare una parte dei gas combusti, circa il 15 a 20 %; contemporaneamente si deve installare un ventilatore che soffi sotto la griglia. Con tali provvedimenti si può aumentare dell'11 a 18 % la potenzialità di un vecchio focolare. Nei focolari moderni che già hanno il preriscaldamento dell'aria fino a 170 o 180 °C, l'aumento di tale riscaldamento fino a 200 o 220 °C, con il 15 % di ritorno dei gas combusti, porta un aumento di potenzialità di circa il 5 a 6 %. Ciò non copre la diminuzione provocata dal cambiamento del tipo di combustibile. Non resta allora che modificare la griglia per adattarla al nuovo combustibile. Equipaggiando caldaie a condotti di fumo servite a mano, con alimentatori di carbone a proiezione si può aumentarne la potenzialità del 25 fino a 30 %. In qualche caso può essere anche conveniente installare in tali caldaie un prefocolare. Con la installazione di superfici aggiuntive tipo La Mont si può non solo ricuperare la diminuzione di carico, ma realizzarne un sensibile aumento. Le griglie mobili proporzionate per carbone pezzatura noce, quando si devano usare per pezzature piccole vanno allungate del 20 a 25 %; questo allungamento può ottenersi retrocedendo la parete di fondo del focolare e con l'allungamento della zona di accensione. Se le pareti sono a tubi d'acqua è opportuno togliere questi nel primo tratto di 500 a 600 mm per facilitare l'accensione. Con pezzatura piccola le resistenze al passaggio dell'aria sono maggiori e quindi occorre soffiare l'aria sotto la griglia. Nel caso di combustione a polverino la forte umidità provoca diminuzione della produzione dei mulini e aumento di consumo di energia. Occorre procedere alla essiccazione preventiva, possibilmente ricuperando il calore dei gas combusti. *Ri.*

RADIOTECNICA.

A. de Quervain — **Filtri di banda per onde ultracorte.** (A.S.E. Bull., 8 marzo 1944, pag. 109 a 111, con 8 figure). 34 c

L'impiego delle onde ultracorte, nel campo di 5 m a 50 cm, si va diffondendo sempre più. Ciò che era dapprima considerato come un inconveniente, cioè il loro comportamento quasi ottico, viene oggi utilizzato perchè tali onde si prestano a concentrare forti fasci di energia in una data direzione con antenne di piccole dimensioni. Il loro impiego si verifica specialmente fra punti con collegamento ottico o quasi. Un altro vantaggio sta nel gran numero di canali che le onde ultracorte offrono: ad esempio fra 1 e 3 metri stanno teoricamente 100 volte più canali di comunicazione che fra 100 e 300 m di lunghezza d'onda; naturalmente si richiedono mezzi di selezione corrispondentemente più perfetti. L'impiego di conduttori concentrici e di risuonatori cavi come elementi costruttivi, al posto di bobine e condensatori, consente di costruire circuiti risonanti che permettono di separare i canali ad alta frequenza senza tenere troppo grande la distanza fra i canali stessi. Una delle più efficaci forme di filtri per alte frequenze è quella del filtro di banda con due o più circuiti con accoppiamenti induttivo o capacitivo. Sulla base di uno schema di principio l'A. svolge un confronto fra i filtri per onde medie e quelli per onde ultracorte. Mette in evidenza come per ottenere

Biblioteca nazionale centrale di Roma

la selettività voluta sia necessario raggiungere, col rapporto L/C e con la resistenza di perdita in serie del circuito oscillante, certi valori. Le caratteristiche eminenti del risuonatore cavo quasi stazionario sono: piccolo smorzamento (circa 10 volte migliore che per circuiti per onde medie e circa 50 volte migliore che per circuiti risuonanti con bobine e condensatori costruiti per la stessa lunghezza di onda per la quale serve il risuonatore cavo), grande stabilità meccanica e rilevante autoschermatura. Il dimensionamento di un risuonatore per una data selettività si può facilmente ricavare con regole di similitudine dalle dimensioni geometriche di un risuonatore normale. Con la disposizione di due risuonatori disimmetrici e praticando delle aperture si può realizzare filtri di banda con accoppiamenti capacitivi o induttivi. Quando si vogliano con tali filtri costruire amplificatori a più stadi bisogna stare attenti ad una quantità di esigenze costruttive e elettriche, ad esempio, corti conduttori di collegamento, stabilità meccanica, ecc. Il problema della schermatura esige la massima attenzione. Nel caso delle onde ultracorte le dimensioni dell'amplificatore sono dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda; non si può impedire il formarsi di onde stazionarie. Tuttavia è possibile, grazie alle proprietà derivanti al risuonatore cavo e ai cavi per alte frequenze dall'effetto pellicolare, impedire che le onde perturbanti passino da un filtro all'altro nell'amplificatore. L'A. illustra un amplificatore costruito secondo questi principi, che comprende due stadi amplificatori e tre filtri di banda a due circuiti accoppiati induttivamente, per lunghezze d'onda di 1,7 m e amplificazione di 300. Il grado di accoppiamento può essere variato dall'esterno. *Ri.*

STATISTICA.

A. Hofstetter — Curve di carico e richiesta nel dopo guerra. (E. Verwertung, 1942-43, N. 2-3, pag. 42 a 53, con 23 fig.). 36

L'A. ricorda anzitutto come l'utilizzazione delle centrali svizzere sia aumentata negli ultimi 40 anni da 210 a 5400 ore annue, per l'effetto concorde dei miglioramenti negli impianti (serbatoi, accumulazione a pompe ecc.), della politica tariffaria e dello sviluppo industriale. Fin dal 1917 per riempire gli avallamenti dei diagrammi di carico delle centrali si favorì la diffusione dei riscaldatori d'acqua ad accumulazione; attualmente ne sono in servizio 22 600 per una capacità di 3 milioni di litri; essi hanno una durata di inserzione da 4 a 10 ore. Per utilizzare le eccedenze di disponibilità alla fine delle settimane o nei mesi estivi, si ricorse a permettere l'inserzione prolungata degli scalda-acqua o a favorire la installazione di caldaie elettriche. Con lo scoppiare della guerra le richieste di energia elettrica sono fortemente aumentate. In diagrammi viene illustrato l'andamento dei consumi delle varie sorgenti di energia (combustibili ed elettricità) dal 1909 al 1939 estrapolando poi fino al 1969: mentre è in diminuzione il consumo di carbone fossile e resta costante quello del carbone di legna. Sono in aumento i consumi del cok da gas, della nafta e, fortemente, quello della elettricità. Lo sfruttamento complessivo degli impianti idraulici potrebbe dare una disponibilità di 21 miliardi di kWh all'anno. Dal punto di vista economico, per le Imprese elettriche è di massima importanza il consumo per illuminazione; la efficienza delle lampade elettriche è andata aumentando da 2,3 Lm/W in quella a filamento di carbone, a 7,7 Lm/W in quelle a filamento di tungsteno, fino a 36 Lm/W per quelle a vapore di mercurio fluorescenti; questa diminuzione di consumo unitario potrà però esser compensata da una efficace propaganda a favore delle applicazioni per illuminazione. Per quanto riguarda i consumi industriali la Svizzera conta 8600 industrie. La illuminazione nelle industrie è ancora ad uno stadio insufficiente ed un miglioramento di essa si ripercuoterebbe favorevolmente anche sul rendimento degli operai e dell'industria stessa. Per quanto riguarda la forza motrice ormai la quasi totalità delle industrie è elettrificata. Un vasto campo di sviluppo rimane per le applicazioni termiche. Esse devono essere favorite specialmente dove il consumo di ogni kWh può portare il massimo risparmio di combustibile; sotto questo aspetto sono meno favorevoli le caldaie elettriche in quanto già le caldaie a combustibile hanno un rendimento abbastanza elevato; va quindi data la preferenza ad altre applicazioni. Per l'espansione dei consumi di energia elettrica si presenta molto interessante il campo dei negozi, dell'industria alberghiera e delle piccole industrie. La lavorazione della carne (65 000 tonnellate annue) richiede in media, negli impianti elettrificati, 0,4 kWh per ogni kg di carne lavorata; assumendo soltanto 0,2 kWh/kg si arriverebbe a circa 13 milioni di kWh. Tenendo conto anche dei macelli che richiedono forti quantità di calore si dovrebbe poter arrivare a 100 milioni di kWh all'anno. I panifici consumano attualmente circa 32 milioni di kWh; spingendo al massimo la elettrificazione si può prevedere di arrivare a 320 milioni di kWh. L'industria alberghiera presenta pure grandi possibilità specialmente per i consumi estivi: attualmente i 31 378 alberghi consumano 34 milioni di kWh all'anno per le cucine e 41 milioni di kWh per acqua calda; il consumo potrebbe arrivare a 400 milioni di kWh per le cucine e a 600 milioni per l'acqua calda. I consumi domestici sono pure suscettibili di forti sviluppi. La Svizzera conta circa 1 100 000 unità famigliari che consumano 700 milioni di kWh all'anno, cioè in media circa 700 kWh/anno. Un esame dei consumi possibili per una famiglia di 4 persone porta ai seguenti valori: piccoli apparecchi domestici 200 kWh; luce 200 kWh; refrigeranti 250 kWh; riscaldamento 600 kWh; lavatura 720 kWh; cucina 1500 kWh; acqua calda 2400 kWh. Si arriva cioè a un consumo complessivo di 5780 kWh all'anno per ogni famiglia, ciò che corrisponde per l'intero Paese a 6,5 miliardi di kWh all'anno. Le applicazioni agricole dovranno essere favorite da una efficace propaganda. Nel complesso le possibilità di sviluppo delle richieste di energia elettrica si presentano ancora grandissime. *N.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

Collegamenti telefonici ad onda portante. (Radioindustria, N. 103-105, pag. 245 a 249, con 15 fig.). 38 e

Il metodo di trasmissione ad onda portante nelle linee telefoniche si è diffuso dapprima per le linee aeree, ma attualmente si è affermato anche per le linee in cavo; l'impiego supplementare di materiale per le apparecchiature ad onda portante è di molto inferiore a quello per la posa di un corrispondente numero di nuove condutture. Generalmente impiegando linee aeree non si superano 160 kHz perchè nel campo attiguo si trovano già trasmettitori che potrebbero interferire; per evitare interferenze si fissano le condutture dei diversi sistemi distanti il più possibile tra di loro sulla palificazione incrociandole a brevi distanze; nelle linee aeree le due direzioni della conversazione avvengono attraverso una linea bifilare in campi di frequenza diversi: si giunge a un sistema a due bande e si ottengono con 2 fili le possibilità di comunicazioni su 4 fili, adatte per l'impiego di un maggior numero di amplificatori intermedi e per collegamenti su grandi distanze. Per l'applicazione di apparecchiature a onda portante su cavi è necessario che questi abbiano piccola attenuazione, cioè ammettano limiti di frequenza sufficientemente alti. Si sono sviluppati vari sistemi con pupinizzazione leggera; uno, tipo L, giunge fino a 5700 Hz; un altro, tipo S, fino a 14 700 Hz. Con il sistema U, a traslatori, e linee non pupinizzate si possono ottenere, su un campo di frequenze da 16 a 60 kHz, fino a 12 conversazioni ad onda portante. Mentre nei sistemi L ed S le centrali amplificatrici devono essere inserite a distanze di 70 km, nel sistema U si rende necessaria l'inserzione di amplificatori intermedi a 35 km; per evitare la diafonia si portano i fili delle due direzioni telefoniche in due cavi separati. Un grande progresso è stato costituito dall'introduzione dei cavi a larga banda per televisione nei quali si raggiungono campi di frequenza di alcuni milioni di Hz. Si tratta dei cosiddetti cavi coassiali con un conduttore interno pieno e uno esterno tubulare, separati fra loro mediante un sistema di distanziatori o nastri di stiroflex. Siccome per la televisione bisogna tener conto dei campi di frequenza oltre 1 000 kHz, sotto a questi si possono inserire ancora parecchi canali di telefonia. Attualmente si possono inserire nell'intervallo fra 90 e 690 kHz 200 canali telefonici per i quali si devono prevedere gli amplificatori alla distanza di 35 km. Come base del sistema di trasmissione si ritiene l'inversione delle bande foniche in altre a frequenza più alta, con l'ausilio di un trasformatore di frequenza; principalmente ciò avviene a mezzo di un inverti-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tore di poli che converte la bassa frequenza in un fascio d'onde a frequenza più elevata. Come invertitore di poli o produttore di corrente a intermittenza si utilizza una serie di raddrizzatori a secco inseriti ad anello; siccome è sufficiente trasmettere una banda laterale, l'altra viene esclusa. In questa trasmissione a banda unilaterale senza corrente portante si possono collocare più bande in un campo di frequenza disponibile alleggerendo gli amplificatori delle frequenze portanti; la corrente portante viene di nuovo aggiunta nella parte ricevente nel demodulatore e con ciò si ritorna alla bassa frequenza. Le onde portanti sono generate in circuiti a valvole. Con le frequenze più elevate bisogna tener conto delle variazioni di livello che possono essere causate da brina o pioggia o da variazioni di temperatura; si rende necessaria una regolazione, a mano o automatica, di livello. In uno schema viene dimostrato lo sfruttamento di una linea aerea nella quale si possono realizzare, oltre a 18 conversazioni su canali ad onda portante, anche un canale radiofonico e 6 canali telegrafici secondo il procedimento della telegrafia a frequenza media. Sono citati molti altri esempi di sviluppo di questa tecnica delle comunicazioni a onda portante, fino a quello di un collegamento per 200 circuiti. *Ri.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

Ch. Richard — **Le caratteristiche elettriche delle linee a 150 kV delle Forces Motrices Bernoises.** (A.S.E. Bull., 8 marzo 1944, pag. 120 a 122, con 3 fig.). **40 b**

Le linee a 150 kV delle Forces Motrices Bernoises hanno subìto recentemente alcune modificazioni specialmente per l'aggiunta della linea Innertkirchen-Wimmis-Mühleberg di 91 km. Ricerche precedentemente eseguite sulla linea Mühleberg-Bassecourt e sulla linea Innertkirchen-Bickingen avevano messo in evidenza sensibili perdite per magnetizzazione: da un diagramma riportato dall'A. risulta, che tali perdite (le quali arrivavano fino a 4,5 MW per una potenza trasmessa di 100 MVA) sono praticamente scomparse dopo che furono adottati opportuni accorgimenti nell'avvolgimento dei fili di alluminio delle corde conduttrici. Il nuovo metodo di cordatura ha portato vantaggi anche riguardo al riscaldamento dei conduttori, diminuito del 30 % a parità di potenza trasmessa. La resistenza ohmica media per 100 km è di 20 ohm per fase per le linee affette di perdite per magnetizzazione, e di 17 ohm per la linea Innertkirchen-Mühleberg. Le reattanze sono rispettivamente di 46 e di 43 ohm per fase e per 100 km. In un diagramma sono rappresentati i valori dell'impedenza omopolare, ossia di quella rispetto alla terra: essa varia come funzione lineare del numero di fasi alimentate, indipendentemente dal fatto che la linea semplice gemella sia messa a terra alle due estremità oppure no. L'A. attribuisce questo fatto alla condizione che i 3 conduttori di ciascuna delle due linee gemelle sono disposti nell'aria abbastanza vicini fra loro e in un piano verticale. Questa disposizione porta anche come conseguenza che l'estrapolazione dei valori così ottenuti fino all'asse delle ordinate, per ascissa zero, dà un valore eguale per l'impedenza simmetrica per fase, ancora indipendentemente da che la linea semplice gemella sia o no a terra alle sue estremità. Un altro diagramma mette in evidenza come la corrente di terra risulti maggiore nei tronchi di linea che si svolgono in piano in confronto ai tronchi che si svolgono in zone montagnose. Quando le 2 linee gemelle vengono esercite in parallelo la corrente di terra diminuisce meno in montagna che al piano. La resistenza ohmica e la reattanza delle due linee connesse in serie sono del 6 % più grandi di quelle di ciascuna delle due linee inserite in parallelo. Il carico a vuoto di ciascuna delle due linee gemelle è di 5700 kV a 141 kV, per 100 km, indipendentemente dal modo come è esercita l'altra linea. In cortocircuito la distribuzione delle correnti su una delle linee, essendo l'altra fuori servizio, è ineguale: la differenza fra la fase più caricata e quella meno caricata è di 14 %. Se invece le due linee sono caricate in parallelo la differenza è soltanto di 1,8 %. Ciò è dovuto alla disposizione delle fasi: la rotazione delle fasi è la stessa per le due linee in parallelo: in esercizio normale la distribuzione delle correnti dipende essenzialmente dal carico: se questo è simmetrico le cadute di tensione sono influenzate dalla differenza relativa delle correnti, constatata in cortocircuito. A vuoto la somma delle 3 correnti di una linea, essendo l'altra a terra, è di 1,32 % di una delle correnti di fase: se le due linee sono esercite in parallelo, la somma delle 6 correnti è minore di 0,1 % di una di esse. La disposizione delle fasi seguendo lo stesso senso di rotazione per le due linee gemelle, adottato per tutte le linee a 150 kV delle Forces Motrices Bernoises, è quello che si è dimostrato più vantaggioso sia dal punto di vista elettrico che magnetico. *Ri.*

CRONACA TECNICA

APPLICAZIONI AGRICOLE.

4 Dati di consumo d'energia in **essiccatori elettrici d'erba** sono esposti in « E. Verwertung » (1944-45, N. 1-3, pagina 26). Si tratta di un impianto eseguito a Attisholz nella Svizzera. L'essiccatoio è il tipo a tamburo e assorbe una potenza di 800 kW per il riscaldamento e di 60 kW per i motori di comando. Esso ha consumato nel 1941 circa 251 400 kWh con utilizzazione di 292 ore, per 340 000 kg di prodotti freschi pari a 72 370 kg di prodotti secchi; il consumo unitario risultò di 740 kWh per tonnellata di prodotto fresco e di 3474 kWh per tonnellata di prodotto secco. Nel 1942 (secondo anno di esercizio) l'utilizzazione salì a 1225 ore, con un consumo di 1 053 200 kWh per 1 346 827 kg di prodotto fresco a 267 683 kg di prodotto secco (782 kWh per tonnellata di prodotto fresco, 3934 kWh per tonnellata di prodotto secco). L'anno 1943, eccessivamente asciutto, diede una produzione molto scarsa di erba. L'essiccatoio fu utilizzato soltanto per 635 ore consumando 545 800 kW per 674 966 kg di prodotto fresco (842 kWh/tonn) e 135 227 tonnellate di prodotto essiccato (4036 kWh/tonn). Il funzionamento dell'essiccatore viene interrotto durante le ore di punta di carico della rete di distribuzione e precisamente fra le 8 e le 9 ore mattina e fra le 14 e le 15 nel pomeriggio. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

5 f Un calcolo approssimato sulle possibilità di **valorizzazione del calore delle acque dei fiumi svizzeri mediante termocompressione** è svolto in « E. Verwertung » (1943-1944, N. 7-9). Considerando i 3 fiumi principali, Reno, Rodano e Ticino, si può contare su una portata minima giornaliera di 665 m^3/sec. Raffreddando questa portata liquida di 1 °C si possono ricavare circa $2\,400 \times 10^6$ calorie/ora. Utilizzando tale calore mediante termopompe in modo da poter ricavare dalle acque dei fiumi 3000 calorie/kWh, cioè da poter immettere agli impianti di riscaldamento domestico circa 3600 calorie/kWh, si dovrebbero impegnare circa 800 000 kW. Con una utilizzazione annua di 2500 ore di riscaldamento, si otterrebbe una economia di circa $1{,}3 \times 10^6$ tonnellate di carbone. Considerando oltre al riscaldamento invernale anche un certo numero di impianti a funzionamento continuo così da arrivare a una utilizzazione media di 4000 ore il risparmio di carbone salirebbe a $2{,}1 \times 10^6$ tonnellate. Raffreddando quindi di 1 °C l'acqua dei 3 fiumi si potrebbe risparmiare più carbone di quanto sia il consumo complessivo di tutta la Svizzera. Queste cifre, per quanto teoriche, sono tuttavia significative per la possibilità della termocompressione. *N.*

STATISTICA.

36 Ampie considerazioni intorno alla **fornitura di energia elettrica nel quadro dell'economia generale** sono esposte in « E. Verwertung » (1943-44, N. 2-3, pag. 53 a 60), con particolare riguardo alle condizioni della Svizzera e alle previsioni per il dopo guerra. Nel caso dell'industria elettrica produzione e consumo sono strettamente legati non essendovi praticamente possibilità di accumulazione. Bisogna quindi prevedere gli sviluppo futuri dell'industria per dedurne il fabbisogno di energia. Nel dopo guerra si dovrà fare il conto con un maggior costo del denaro, con difficoltà di rifornimenti di materie prime e con un aumento dei salari. Si presenta però la probabilità di aumenti nella richiesta complessiva di energia e quindi bisogna subito pensare a provvedere alla costruzione di quelle centrali che sono atte a dare il kWh al minimo prezzo. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MILANO — VIA GAETANO CRESPI, 28 — TELEFONI: 296.041/42/43/44

MACCHINARIO ROTANTE Motori elettrici trifasi e monofasi - Alternatori trifasi e monofasi - Motori a corrente continua per trazione - Gruppi convertitori - Dinamo - Elettropompe centrifughe - Elettroventilatori - Elettroseparatori magnetici.

MACCHINARIO STATICO Trasformatori in aria e in olio - Trasformatori per raddrizzatori, per forni elettrici. per saldatura, ecc. - Trasformatori di misura – Piani e mandrini magnetici - Piattaforme di sollevamento - Raddrizzatori termoionici.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

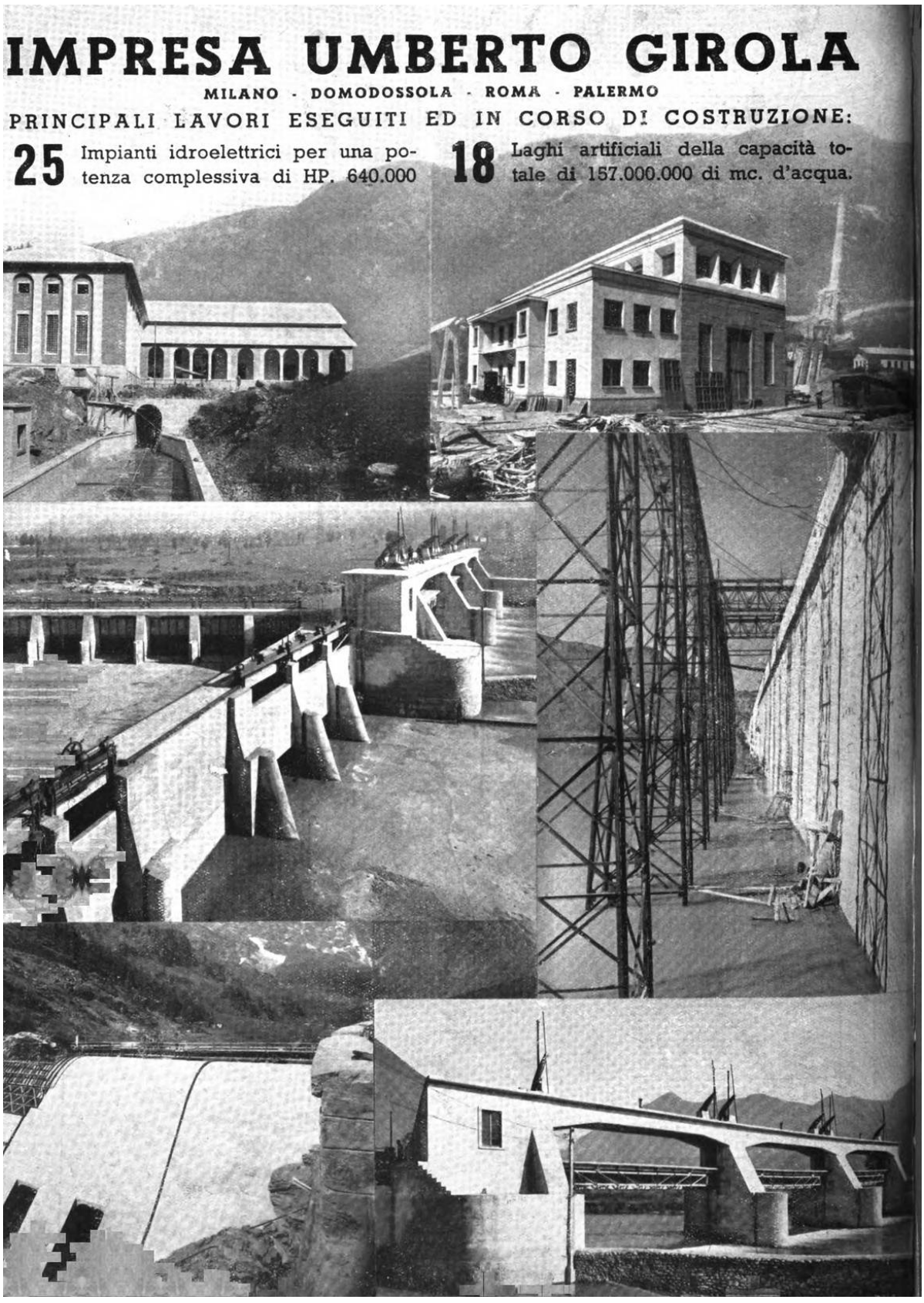
IMPRESA UMBERTO GIROLA

MILANO - DOMODOSSOLA - ROMA - PALERMO

PRINCIPALI LAVORI ESEGUITI ED IN CORSO DI COSTRUZIONE:

25 Impianti idroelettrici per una potenza complessiva di HP. 640.000

18 Laghi artificiali della capacità totale di 157.000.000 di mc. d'acqua.



Biblioteca nazionale centrale di Roma

BIBLIOTECA NAZIONALE CENTRALE VITTORIO EMANUELE
-5 APR 1946
RIVISTE

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Cavi per energia

M. DUSE

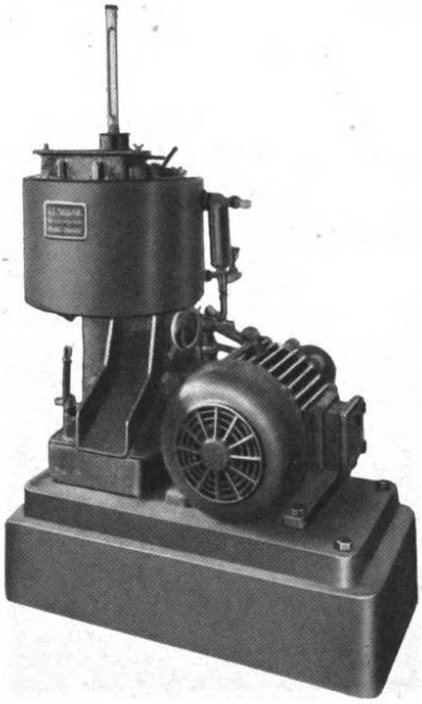
PIRELLI

6 10-25 GIUGNO 1945
Pubblicato il 1-X-45

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MOTORI ANTIDEFLAGRANTI

Serie di motori in corto circuito, antideflagranti a prova di esplosione



Comando di una dissoluzionatrice con un motore in corto circuito antideflagrante a prova di esplosione

Il Tecnomasio fornisce equipaggiamenti elettrici adatti per qualsiasi applicazione in ambienti inquinabili da gas, vapori o polveri facilmente infiammabili od esplosivi.

TECNOMASIO ITALIANO BROWN BOVERI

PIAZZALE LODI, 3 - MILANO - TELEF. N. 5797

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Giugno 1945 N. 6
Pubblicato il 4 Ottobre 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE

SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,-; PER I NON SOCI L. 50,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
La schermatura nelle misure balistiche su condensatori (P. REGOLIOSI) . . . Pag. 126
Macchine elettriche rotanti di costruzione antideflagranti (M. MELONE) . . . » 137
Lettere alla Redazione: A proposito di unificazione delle tensioni (E. SORDELLI) . . . » 145
Notizie e Informazioni . . . » 145
Libri e Pubblicazioni . . . » 146
Dalle Riviste . . . Pag. 14[illegible]
Notizie dell'Associazione:
Ancora sul referendum . . . » 14[illegible]
Verbale del Consiglio generale - Milano, 10 settembre 1945 . . . » 149
Convocazione dell'Assemblea generale dei Soci . . . » 151
Necrologio: Dott. Ing. Francesco Rossi . . . » 151
— Ing. Francesco E. Fumero – Dr. Ing. Alfeo Brandimarte. » 152

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . » 46 D
Cronaca Tecnica . . . » 52 D

Consiglio generale ed Assemblea.

In altra parte del giornale pubblichiamo il Verbale del Consiglio Generale, tenuto a Milano il 10 settembre con notevole intervento di Consiglieri. Siamo lieti di poter annunciare che, presa nota con plauso dell'esito del *referendum* e della dichiarazione del Presidente generale di non potere interpretare il voto espresso dai Soci se non come un invito a rimanere in carica fino alla fine del triennio in corso, il Consiglio ha deciso all'unanimità di proporre all'Assemblea dei Soci (convocata per il 5 ottobre a Milano, come da avviso riprodotto più avanti) che la presidenza Semenza, in considerazione delle attuali, anormali circostanze, venga prolungata a tutto il 1946, per darle il tempo di concretare la riforma dello Statuto, alla cui entrata in vigore si potrà procedere ad una nuova regolare elezione.

Il Consiglio affrontava anche la grave situazione finanziaria e concludeva con la proposta di portare da L. 120 a L. 300 — a partire dal prossimo anno — il contributo dei Soci individuali alla Sede Centrale, e di aumentare adeguatamente i contributi dei Soci Collettivi. Infine il Consiglio esprimeva il voto che la prossima Riunione annuale debba tenersi nella primavera 1946 in una località da stabilirsi dalla Presidenza col criterio di tener conto, per quanto possibile, delle esigenze e delle possibilità delle Sezioni lontane. Su di che, contiamo di poter dare presto ulteriori notizie.

Premi e concorsi.

Abbiamo recentemente annunciato in queste Note (vedi *L'Elettrotecnica*, N. 4, dell'aprile 1945) alla ripresa della assegnazione dei Premi dell'A.E.I. Iniziative analoghe ci pervengono da varie Sezioni. Quella di Firenze, non avendo potuto assegnare il Premio Picchi per il 1943-44 ne assegnerà due per l'anno scolastico 1944-45; la Sezione di Bologna, che non ha potuto assegnare il Premio Calzoni, ne aggiudicherà uno di L. 30.000,— nel 1947.

Così anche queste simpatiche iniziative, come tutta l'attività dell'A.E.I., vanno rapidamente riprendendosi dopo essere state per tanto tempo mortificate dal clima di guerra.

Misure balistiche su condensatori.

Queste misure presentano parecchie particolarità che esigono speciali accorgimenti nei circuiti e nelle apparecchiature. Così avviene anche per quanto riguarda la schermatura. Lo studio di essa va fatto con direttive e considerazioni diverse da quelle che guidano nella schermatura degli altri circuiti di misura.

Questi criteri particolari sono esposti e discussi oggi dall'ing. P. REGOLIOSI in una completa esposizione sistematica della questione, che lo conduce a concretare un dispositivo di schermatura particolarmente conveniente.

Macchine antideflagranti.

La diffusione ormai quasi universale dei motori elettrici per il comando delle macchine operatrici nelle industrie è ben giustificata, come è noto, dai pregi veramente grandi e molteplici sui quali non è certo qui il caso di ritornare.

Pur tuttavia, accanto a tanti vantaggi l'uso dell'energia elettrica presenta anche qualche inconveniente che può diventare grave in particolari condizioni. Un caso è quello dell'impiego di macchinario od apparecchiature elettriche in ambiente in cui si svolgano gas o vapori che diano luogo con l'aria a miscele esplosive; una scintilla può essere allora facilmente origine di gravissimi incidenti.

Molte industrie, specialmente nel campo chimico, impongono problemi di questo genere ai costruttori di macchinario elettrico, che devono preoccuparsi sia della incolumità del macchinario stesso, sia di impedire inconvenienti all'ambiente circostante.

Numerose soluzioni costruttive sono state escogitate allo scopo e l'ing. M. MELONE ne dà oggi ampie notizie illustrative ai lettori. Esse sono anche interessanti nei riguardi dei lavori che il CEI, a somiglianza di molti organismi esteri similari, ha già iniziato per la preparazione di Norme speciali per tali macchine; confidiamo che esse possano essere sollecitamente condotte a compimento con la decisa ripresa alla quale si avviano ormai i lavori del CEI che, mai sospesi, sono stati tuttavia inevitabilmente ritardati dalle circostanze. **LA REDAZIONE**

Biblioteca nazionale centrale di Roma

LA SCHERMATURA NELLE MISURE BALISTICHE SU CONDENSATORI

PIERO REGOLIOSI

Viene trattato il problema degli «schermi» e delle «guardie» nelle misure balistiche su condensatori e vengono messe in evidenza le peculiarità che devono presentare in questo caso tali protezioni, nel quadro delle altre misure elettriche.

1. – PREMESSA.

Lo schema usato in pratica nelle misure balistiche su condensatori e in particolare nella determinazione balistica della permettività dei materiali è rappresentato dalla fig. 1 (1), dove B è la sorgente di alimentazione (di solito una batteria di accumulatori), C il condensatore in prova, K la chiave di carica e scarica e G l'apparecchio di misura dell'impulso di corrente (galvanometro balistico); si suppone ovviamente nota la tensione della batteria B, altrimenti andrebbe aggiunto un voltmetro per la sua misura. Con questo schema la prova si compie in due tempi: nel primo tempo la chiave K è chiusa verso sinistra ed il condensatore si carica senza interessare il galvanometro; nel secondo tempo la chiave K si chiude verso destra ed il condensatore si scarica attraverso il galvanometro, che ne misura così la quantità di elettricità immagazzinata.

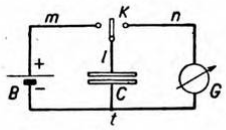


Fig. 1

Le esigenze particolari della schermatura in queste misure non sono mai state, a quanto ci consta, messe in evidenza (2) nella pure abbondante letteratura sugli «schemi» e sulle «guardie», letteratura che, iniziata dal Price (3) per le misure in corrente continua, si è poi orientata verso le misure in alternata, in ispecie a media ed alta frequenza. Riteniamo perciò opportuno trattare sistematicamente l'argomento per illustrare le possibili soluzioni del problema degli schermi in questo caso particolare delle misure. La trattazione, per essere esauriente, potrà apparire un po' estesa, ma crediamo che non sia possibile scegliere una via più breve.

2. – CONFRONTO CON LE ALTRE MISURE.

Osserviamo anzitutto che le misure di cui ora ci occupiamo differiscono dalla quasi totalità delle altre, siano esse eseguite con corrente continua, alternata od impulsiva (4), per due ragioni fondamentali:

1°) il circuito di misura rimane in generale immutato per tutta la durata della prova, mentre nel nostro caso esso assume due diverse configurazioni, in corrispondenza rispettivamente delle fasi di carica e di scarica del condensatore in esame;

2°) le correnti laterali di conduzione e dielettriche, da cui dobbiamo salvaguardarci, hanno in generale le medesime caratteristiche, in funzione del tempo, della corrente di misura (5) e vengono fornite dalla stessa sorgente; nel nostro caso invece solo le correnti laterali dielettriche presentano queste proprietà (le correnti di carica delle capacità parassite sono infatti impulsive come quella di carica della capacità in esame e provengono dalla stessa unica fonte); le correnti derivate di conduzione durano invece dall'istante in cui viene applicata tensione al circuito all'istante in cui la tensione viene tolta (6) e, dal momento in cui il provino cessa di essere collegato alla sorgente di alimentazione, vengono in parte fornite non più dalla sorgente, ma dallo stesso provino, a spese della carica elettrica immagazzinata nella sua capacità.

Ne consegue una diversità anche nelle schermature perchè:

1°) nelle nostre misure le schermature devono assumere configurazioni e potenziali differenti durante le due fasi della prova, per adattarsi alle mutate condizioni del circuito; nella totalità degli altri casi esse mantengono invece configurazione e potenziale fissi;

2°) nelle nostre misure occorre tenere distinte e, in generale, isolate tra loro la schermatura contro le correnti laterali di conduzione da quella contro le correnti laterali dielettriche, per il diverso comportamento delle due correnti disturbanti, mentre nelle altre misure tali protezioni possono confondersi, almeno concettualmente, in un dispositivo solo che costituisce uno dei «morsetti» di un'unica ammettenza avente per altro morsetto il circuito stesso di misura.

Su queste diversità ritorneremo in seguito più volte, ma possiamo subito concludere che lo studio delle schermature nel caso che ora ci interessa va ripreso ex novo, senza riferimenti a casi già noti.

3. – GENERALITÀ SULLA SCHERMATURA DEL CIRCUITO DI MISURA E DEL PROVINO.

Per schermatura intendiamo qui il complesso di protezioni contro le correnti laterali di conduzione e dielettriche che possono comunque disturbare l'andamento o falsare i risultati delle misure.

In senso più generale, la schermatura comprenderebbe anche le protezioni contro i disturbi provenienti da campi magnetici stazionari o variabili molto lentamente

(1) Si potrebbe usare anche lo schema più semplice della fig. 2, deducendo la capacità del condensatore dalla misura dell'impulso di corrente nella fase di carica, ma tale schema presuppone un dielettrico perfetto, a conduttività interna nulla. Nei casi della pratica invece si sovrappone sempre alla corrente dielettrica una corrente di conduzione interna che può essere, rispetto a quella, anche molto elevata e falsare completamente i risultati. Per evitarla si ricorre allo schema della fig. 1 e noi ci atterremo perciò solo a questo.

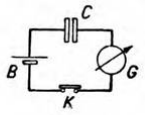


Fig. 2

(2) Al problema delle schermature nelle misure balistiche ho accennato sommariamente in un articolo pubblicato sull'*Elettrotecnica* 1941, fasc. 23, pag. 580 (v. particolarmente la nota (5)).

(3) PRICE W. A., *Electrical Rew.*, 1895, vol. 37, pag. 702.

(4) L'unico caso formalmente simile al nostro si ha nelle misure balistiche sugli induttori (più che di similitudine si dovrebbe parlare di dualità), mentre anche lo schema della fig. 2, che presuppone nulle le correnti di conduzione e quindi correnti disturbanti soltanto dielettriche, come è la corrente di misura, rientra anch'esso nel caso generale.

(5) Non consideriamo qui il guizzo di corrente dielettrica che avviene alla chiusura e all'apertura del circuito, nelle misure con corrente continua (analogo del resto al transitorio di chiusura o di apertura nelle misure con corrente alternata), che non ha influenza sui risultati.

(6) Possono tuttavia mutare senso e valore nei diversi periodi della prova; si devono infatti distinguere i periodi seguenti:

— il primo, dall'istante della chiusura del circuito della batteria B all'inizio della carica (potrebbe anche non esistere se i due istanti coincidessero);

— il secondo, dall'inizio della carica all'istante in cui la linguetta di K lascia la posizione di carica;

— il terzo, dal momento in cui la linguetta di K ha lasciato la posizione di carica al momento in cui raggiunge la posizione di scarica;

— il quarto, dall'inizio alla fine della scarica;

— il quinto, dalla fine della scarica all'apertura del circuito della batteria.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

(schermi magnetici) o da campi elettromagnetici di bassa ed alta frequenza (schermi elettromagnetici); ma nel nostro caso possiamo prescindere dagli uni e dagli altri, perchè l'organo sensibile, che è un galvanometro a magnete permanente, di tipo balistico, ha circuito magnetico quasi chiuso, campo nel traferro molto intenso e frequenza propria di oscillazione molto bassa (durata del periodo: 30÷40 sec), sì che risultano senza effetti su di esso sia i campi magnetici stazionari esterni, che per essere efficaci dovrebbero venire prodotti da correnti molto intense e molto vicine (ma questa eventualità è normalmente esclusa), sia i campi elettromagnetici, che raggiungono valori percepibili solo quando hanno una frequenza assai più alta della frequenza propria di oscillazione del galvanometro, ma per questo non sono più sentiti dal galvanometro stesso.

Limitando perciò il nostro studio alle protezioni contro le correnti laterali di conduzione e dielettriche; ricordiamo anzitutto che è consuetudine distinguere fra:

— gli « schermi » veri e propri (schermi elettrostatici, per le limitazioni anzidette), che riguardano il circuito di misura ma non il provino ed hanno il compito di proteggerlo dalle correnti laterali dielettriche;

— le « piastre di guardia », che riguardano pure soltanto il circuito e servono a drenarne le correnti laterali di conduzione;

— gli « anelli di guardia », che riguardano invece il provino ed hanno lo scopo di delimitare una porzione di provino in cui il campo dielettrico sia uniforme e di eliminare dalla misura tanto le correnti di conduzione superficiale (correnti laterali di conduzione lungo il provino), quanto le correnti dielettriche esterne alla zona di campo uniforme (correnti laterali di spostamento dielettrico: effetto dei bordi); l'anello dovrebbe assolvere così, nei riguardi del provino, ad un duplice compito, nel quale si possono individuare i due precedenti della piastra e dello schermo, nei riguardi del circuito.

Questa distinzione, diremo storica, mentre risulta solitamente piuttosto formale, è qui necessaria per le ragioni che via via vedremo e va mantenuta. Esaminiamo perciò il circuito ed il provino per determinare le modalità di impiego e costruttive dei tre dispositivi di protezione e per precisare il loro compito ed i loro limiti.

Il circuito di misura si divide in vari tronchi che, nelle due fasi della misura, assumono potenziali diversi e precisamente (v. fig. 1):

— nella fase di carica i tratti *BK* e *CK* assumono il potenziale del morsetto *più* della batteria, mentre il resto del circuito, compreso, a sbalzo, il tronco del galvanometro, assume il potenziale del morsetto *meno*;

— nella fase di scarica i tratti *BK* e *BCG* (lato inferiore dello schema) non mutano potenziale, il tratto *KG*, collegandosi al tratto *CK* ne assume inizialmente il potenziale *più* e poi si porta, insieme col tratto *CK*, al potenziale *meno*.

Si possono perciò distinguere nel circuito quattro tronchi: il *BCG* che rimane sempre al potenziale del morsetto *meno*, il *BK* (fino al contatto sinistro della chiave *K*) che rimane sempre al potenziale del morsetto *più*; il *CK* (compresa la linguetta di *K*) che assume, durante la fase di carica, il potenziale *più* e si porta, durante la fase di scarica, al potenziale *meno*; infine il tronco *KG* (a partire dal contatto di destra della chiave *K*) che ha, durante la carica, il potenziale *meno*, acquista nel primo istante della scarica il potenziale *più* e quindi ritorna, insieme col tratto *CK*, al potenziale *meno*. Chiameremo nel seguito questi quattro tronchi ordinatamente con *t*, *m*, *l*, *n*.

Questi tronchi di conduttori, solitamente nudi, sono separati tra di loro da un certo numero (il più piccolo possibile, per ragioni di isolamento) di colonnini isolanti e, per il resto della loro lunghezza, dall'aria; costituiscono quindi altrettante armature di condensatori. Il sistema equivale pertanto ad una rete di sei condensatori (tanti quante sono le combinazioni di quattro elementi a due a due), aventi per dielettrico prevalente l'aria, in parallelo con un dielettrico solido di permettività certamente più elevata (3÷5 volte), ma di sezione di gran lunga minore. La rete delle sei capacità parassite è rappresentata nella fig. 3, dove gli indici ricordano i tronchi che fungono da armature.

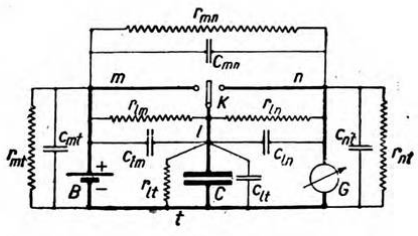


Fig. 3

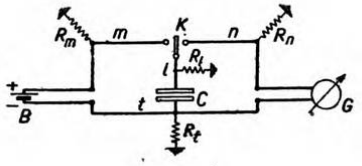


Fig. 4

L'impulso di corrente di carica o di scarica di queste capacità parassite può, in determinate circostanze che preciseremo meglio nel seguente par. 4, interessare il galvanometro e quindi dare luogo a disturbi od errori, che ci proponiamo appunto di eliminare con adatte schermature. Trascuriamo invece di considerare le capacità derivate fra il circuito e l'ambiente, perchè esse sono certo assai minori di quelle, pure già piccole, sopra elencate.

Parimenti, tra gli stessi tronchi di circuito possono circolare correnti di conduzione nocive alla misura. A differenza però di quanto sopra detto per le correnti dielettriche, le correnti laterali di conduzione possono anche pervenire al circuito dall'esterno, da qualche sorgente male isolata. Ammessa per l'aria (secca, come supponiamo) resistività infinita, le vie percorse dalle correnti di origine interna sono costituite nella realtà dagli elementi isolanti che collegano meccanicamente i vari tronchi di circuito; le correnti di origine esterna seguono invece i colonnini isolanti che sostengono il circuito, gli organi di manovra e gli apparecchi di misura, ma possono anche raggiungere il circuito attraverso il corpo dell'operatore e le manopole di comando degli organi di manovra, oppure attraverso il mantello isolante degli eventuali cavetti che collegano il circuito alla sorgente di alimentazione o al galvanometro.

Anche per le correnti laterali di conduzione di origine interna si può immaginare una rete equivalente di sei resistori che fanno loro da supporto. Questa rete è pure rappresentata nella fig. 3 (dove si sono per semplicità trascurate le conduttanze eventuali verso l'ambiente per le quali v. fig. 4) e risulta in parallelo con quella delle capacità; poichè tuttavia le correnti dielettriche hanno sede prevalentemente nell'aria, mentre le correnti derivate di conduzione hanno sede solo nei tronchi di isolanti solidi, noi riterremo nel seguito che i sostegni

Biblioteca nazionale centrale di Roma

delle cariche dielettriche siano distinti da quelli delle correnti di conduzione e che di conseguenza i filetti delle correnti dielettriche seguano una via diversa da quelli delle correnti di conduzione (l'aria che circonda i quattro tronchi di circuito, le prime, i colonnini isolanti, le seconde) pure avendo gli stessi punti di partenza e di arrivo (i quattro tronchi di circuito) ed essendo prodotti dalla stessa forza elettrica; e ciò, oltre alle diverse caratteristiche delle due correnti disturbanti, a cui si è accennato nel par. 2.

Le vie seguite dalle correnti di conduzione di origine esterna sono schematizzate nei quattro resistori della fig. 4, nei quali si possono supporre concentrate le resistenze derivate verso l'ambiente dai quattro tronchi di circuito che abbiamo sopra individuati come costituenti l'intero circuito di misura.

Il comportamento delle correnti derivate di conduzione ed i dispositivi idonei ad eliminarle verranno esaminati nel par. 5.

Ambedue le protezioni, i cui compiti sono stati sopra sommariamente descritti, contribuiscono insieme a rendere definito il circuito di misura; per il provino, qualora si tratti di un condensatore campione, la schermatura è già praticata stabilmente e fa capo ad un morsetto apposito, che va collegato al circuito in modo opportuno; qualora invece si vogliano determinare le proprietà dielettriche di un materiale, si deve definire esattamente la capacità in esame, eliminando le correnti dielettriche che non interessano la zona della misura e le correnti di conduzione superficiale (o imparando a tenerne conto); allo studio di queste protezioni è dedicato il par. 6.

4. – La schermatura del circuito contro le correnti laterali dielettriche.

Nel precedente paragrafo abbiamo individuate le sei capacità parassite, c_{lm}, c_{ln}, c_{lt}, c_{mn}, c_{mt}, c_{nt} (v. fig. 3) fra i tronchi di circuito; vediamo ora quali di esse disturbano la misura od introducono errori nei risultati e in qual modo si può ovviare agli eventuali inconvenienti. Esaminando separatamente, con l'aiuto della fig. 3, il modo di comportarsi di ciascuna capacità parassita in rapporto con la capacità in esame C e nell'ipotesi più verosimile che, prima della prova, tanto le capacità parassite quanto la C siano scariche, si perviene ai risultati riassunti nella tabella seguente.

Capacità parassita	Nella fase di carica della capacità in prova C	Nella fase di scarica della capacità in prova C
c_{lm}	Resta scarica perchè cortocircuitata dalla chiave K	Si carica attraverso il galvanometro; la corrente di carica si somma alla corrente di scarica della C
c_{ln}	Si carica attraverso il galvanometro	Si scarica senza interessare il galvanometro
c_{lt}	Si carica senza interessare il galvanometro	Si scarica attraverso il galvanometro; la corrente di scarica si somma alla corrente di scarica della C
c_{mn}	Si carica attraverso il galvanometro	Tende dapprima a scaricarsi, ma alla fine riprende la stessa carica iniziale; tutto avviene come se restasse carica
c_{mt}	Si carica senza interessare il galvanometro	Resta carica
c_{nt}	Resta scarica perchè cortocircuitata dal galvanometro	Tende dapprima a caricarsi, ma alla fine ritorna scarica; tutto avviene come se restasse scarica

Dall'esame della tabella risultano non influenzare il galvanometro e quindi innocue le capacità c_{mt} e c_{nt}; questo nell'ipotesi anzidetta che tutte le capacità parassite siano scariche all'inizio della prova. Ma anche se si toglie tale limitazione il risultato non muta; considerando ancora la tabella si giunge infatti alla conclusione generale che sono innocue:

la capacità c_{lm} se è carica all'inizio della scarica di C
» c_{ln} se è carica all'inizio della carica di C
» c_{lt} se è scarica all'inizio della scarica di C
» c_{mn} se è carica all'inizio della carica di C
» c_{mt} qualunque sia l'ipotesi sulla sua carica all'inizio e durante la misura
» c_{nt} se è scarica all'inizio della carica di C.

Ma l'unico caso che si realizza in pratica è l'ultimo; l'ipotesi di c_{lm} carica all'inizio della scarica di C non può infatti avverarsi mai, perchè nella fase di carica i due tronchi l e m sono connessi assieme e quindi la loro mutua capacità è necessariamente scarica, nè è possibile caricarla prima di iniziare la fase di scarica di C, poichè questo importerebbe di variare il potenziale del tratto l cioè di scaricare C; per la c_{ln} e la c_{mn} si richiede la carica preliminare della capacità parassita prima di iniziare la carica di C, ma ciò si otterrebbe solo a spese di artifici inutilmente complicati; per la c_{lt} si nota che i tratti l e t sono, nella fase di carica, a potenziale opposto, sicchè la loro mutua capacità è necessariamente carica alla fine della carica di C; come nel caso di c_{lm}, anche qui non è possibile scaricare la capacità parassita prima di iniziare la scarica di C, perchè ciò equivarrebbe a variare il potenziale di l e quindi a scaricare C; resta perciò confermata l'innocuità delle sole c_{mt} e c_{nt}; ma delle conclusioni riguardanti c_{lt} faremo tra poco un'applicazione indiretta.

Concludendo, le capacità nocive si riducono alle quattro seguenti:

c_{ln} e c_{mn} che nuocciono durante la fase di carica della C;

c_{lm} e c_{lt} che nuocciono durante la fase di scarica della C.

Diversa è però la loro influenza: le prime due costituiscono solo una causa di disturbo in quanto si caricano durante la carica di C e la corrente di carica passa nel galvanometro, imprimendo all'indice luminoso una deviazione impulsiva che deve esaurirsi prima che si possa proseguire nella misura; le ultime due invece sono realmente dannose alla precisione, perchè, durante la fase di scarica della capacità in prova, subiscono una variazione di carica che viene misurata dal galvanometro, senza che sia talvolta agevole distinguere il loro apporto da quello del condensatore in prova.

Si tratta in realtà di capacità modeste (qualche decina od un centinaio di pF, se si ha cura di non tenere troppo vicini nè paralleli i tratti interessati) che possono tut-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tavia disturbare non appena la tensione di misura raggiunge qualche centinaio di volt e soprattutto se la capacità in esame è del loro stesso ordine di grandezza.

Per eliminare l'influenza delle prime due basterebbe cortocircuitare il galvanometro alla chiusura del circuito; noi preferiamo tuttavia annullare stabilmente i loro effetti, per evitare ogni operazione non essenziale e questo risultato si raggiunge solo con una schermatura.

Per ciò che concerne le due ultime, è sempre possibile tenere conto dell'errore che esse introducono, determinando con una prova « a vuoto » il valore della capacità propria dell'apparecchiatura e sottraendolo dal valore misurato della capacità in prova; ma quando la capacità in prova è molto piccola (ordine di grandezza $10 \div 20$ pF; capacità minori sono difficilmente misurabili con metodi balistici, a meno di non ricorrere a tensioni di carica di migliaia di volt) la correzione può ovviamente indurre a sua volta in errori; perchè questo non avvenga, si deve quindi cercare di ridurre le capacità parassite dell'apparecchio a valori minori di quelli minimi da misurare (quindi a $1 \div 2$ pF invece dei $50 \div 100$ pF anzidetti) e ciò pure si ottiene solo con una schermatura; noi ci atterremo quindi a questa soluzione.

A tale fine la schermatura elettrostatica del circuito si realizza interponendo uno schermo metallico fra le armature delle quattro capacità parassite nocive (cioè fra i tronchi l, m, n, t); così facendo, le capacità fra i tronchi sono sostituite da capacità fra tronco e schermo e le nuove capacità vengono dominate collegando opportunamente gli schermi al circuito; occorre perciò determinare quali sono i tronchi da schermare e come eseguire il collegamento schermi-circuito in modo da raggiungere lo scopo che ci prefiggiamo.

Per rispondere alla prima domanda, notiamo che il tronco l compare in tre delle capacità parassite (le c_{lm}, c_{ln} e c_{lt}); perciò schermando l, cioè circondandolo con un tubo metallico, vengono eliminate contemporaneamente tutte e tre queste capacità; resta la c_{mn} che si elimina schermando o m o n; se invece non torna comodo schermare l, è ovviamente necessario schermare tutti e tre gli altri tronchi m, n e t (v. più oltre le figure 5, 6 e 7); le combinazioni utili sono quindi tre: schermi ai tronchi l e m oppure l e n o infine m, n e t; ogni diversa combinazione ripete identicamente le precedenti od è in esse contenuta. Nel seguito esamineremo i tre casi, supponendo a priori ogni schermo separato dagli altri e tenendo distinti i periodi della carica e della scarica per considerare anche l'eventualità di un passaggio di collegamento dello schermo tra la fine della carica e l'inizio della scarica; questo passaggio è ovviamente lecito, purchè avvenga fra tronchi allo stesso potenziale (da n a t e viceversa o da l a m e viceversa) e quando si è già completata la carica.

Per la seconda domanda, notiamo che le possibilità di collegamento degli schermi sono a priori cinquantasei (7), ciò che rende assai indeterminata ed ardua la ricerca dei casi utili; possiamo tuttavia restringere molto il campo della scelta, tenendo presenti due condizioni necessarie per un corretto collegamento, ma non a priori sufficienti perchè si raggiunga lo scopo; ridotta comunque la scelta ai soli pochi casi ammissibili, si tratterà poi di vedere se e come con essi si risolve il problema.

(7) Ciò risulta dall'esame delle tre combinazioni di schermi sopra illustrate; infatti, per ciascuna delle due fasi in cui si divide la misura, sono: otto le possibilità di collegamento degli schermi di l e di m ai quattro tronchi l, m, n e t; otto similmente le possibilità di collegamento degli schermi di l e di n e dodici quelle degli schermi di m, n e t; in tutto quindi ventotto possibilità che vanno moltiplicate per due, perchè due sono le fasi della misura.

Le condizioni sono le seguenti e prescrivono che uno schermo non può essere connesso:

1°) ad un tratto di circuito schermato (compreso il proprio), perchè così facendo, si annullerebbe l'effetto della schermatura, sostituendo semplicemente al tratto schermato lo schermo che ad esso si collega;

2°) ad un tratto di circuito dal quale si intende proteggere il tronco schermato, perchè altrimenti, anzichè raggiungere lo scopo, si esalterebbe la capacità parassita che si vuole eliminare (la capacità fra i due tronchi diventerebbe infatti la capacità fra il tronco schermato ed il suo schermo).

Alla prima regola si può derogare se il collegamento con un tratto schermato avviene in una fase di misura in cui non intervengano le capacità parassite del tronco al quale ci colleghiamo, perchè in tale caso la sua schermatura è inutile e può essere annullata senza danno; analogamente e per la stessa ragione si può derogare dalla seconda regola in una fase in cui non intervenga la capacità fra il tronco schermato ed il tronco al quale si collega lo schermo.

Nell'applicazione delle regole sopraenunciate è necessario tenere presenti le connessioni tra le parti del circuito di misura, evitando di collegare lo schermo anche ai tratti di circuito che fossero uniti con un tronco al quale, per tali regole, non è ammesso il collegamento; in particolare si devono tenere presenti le connessioni tra l ed m durante la carica e tra l e n durante la scarica. A questo proposito occorre però fare una considerazione che si riallaccia ad altra precedente: per quanto ora detto, uno schermo che non possa, nella fase di scarica, collegarsi a l non potrebbe unirsi neanche a n; ma, come abbiamo altra volta osservato, la capacità parassita c_{lt} non sarebbe nociva se fosse scarica all'inizio della scarica della capacità in esame C; nel caso specifico ciò non era possibile; invece la capacità c_{nt} risulta necessariamente scarica all'inizio della scarica di C, perchè i tronchi n e t sono uniti tra loro dal galvanometro; è quindi lecito collegare nella fase di scarica uno schermo a n, anche se non può connettersi a l, perchè il collegamento di n con l avviene appunto all'inizio della scarica, quando cioè la capacità parassita verso t non sarebbe dannosa se fosse scarica, come è di fatto la c_{nt}.

Seguendo i criteri precedenti, le connessioni inibite e quelle permesse risultano dalla tabella della pagina seguente.

Dalla osservazione della tabella *si conclude*:

— vi è sempre almeno un collegamento ammesso e questo collegamento è uguale per tutti gli schermi (con t durante la carica e con n durante la scarica); ne consegue che in tutte e tre le combinazioni gli schermi possono essere uniti insieme tra loro a formare uno schermo unico, che va collegato prima con t e poi con n come ora si è detto. Chiameremo questo schermo, nel primo caso con S_{l+m} $(= S_l + S_m)$, nel secondo caso con S_{l+n} $(= S_l + S_n)$ e nel terzo con S_{m+n+t} $(= S_m + S_n + S_t)$;

— nel primo caso è possibile anche collegare S_m permanentemente con t e S_l con t durante la carica e con n durante la scarica;

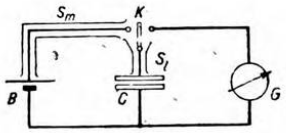
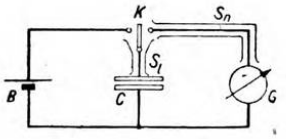
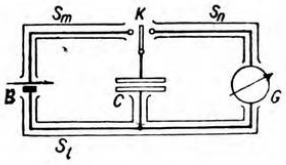
— nel secondo caso è possibile pure collegare S_n permanentemente con t e S_l prima con t e poi con n, come sopra detto.

In tutto sono quindi cinque le possibilità di schermature (v. figg. 8 *a*, *b*, *c*, *d*, *e*); esaminiamole caso per caso, per indagare se l'aggiunta di questi schermi, collegati come si è previsto con criteri puramente negativi, permette di dominare le capacità parassite, in modo da annullarne gli effetti dannosi ai fini della misura.

1°) Schermatura dei tronchi l ed m con un unico schermo S_{l+m} collegato con t durante la carica e con n durante la scarica (fig. 8 *a*).

Le capacità che risultano fra i quattro tronchi e fra

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Schema	Schermo	Collegamenti inibiti	Collegamenti permessi
 Fig 5	S_l di l	con l nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con m nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con n nella fase di carica (9) con t nella fase di scarica (9)	con n nella fase di scarica (10) con t nella fase di carica
	S_m di m	con l nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con m nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con n nella fase di carica (9)	con n nella fase di scarica (10) con t in ambedue le fasi
 Fig 6	S_l di l	con l nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con m nella fase di carica (11) e nella fase di scarica (9) con n nella fase di carica (8) con t nella fase di scarica (9)	con n nella fase di scarica (10) con t nella fase di carica
	S_n di n	con l nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con m nella fase di carica (9) e nella fase di scarica (12) con n nella fase di carica (8)	con n nella fase di scarica (10) con t in ambedue le fasi
 Fig 7	S_m di m	con l nella fase di carica (13) e nella fase di scarica (9) con m nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con n nella fase di carica (8) con t nella fase di scarica (8)	con n nella fase di scarica (10) con t nella fase di carica
	S_n di n	con l nella fase di carica (9) e nella fase di scarica (14) con m nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con n nella fase di carica (8) con t nella fase di scarica (8)	con n nella fase di scarica con t nella fase di carica
	S_t di t	con l nella fase di carica (13) e nella fase di scarica (9) con m nella fase di carica (8) e nella fase di scarica (8) con n nella fase di carica (8) con t nella fase di scarica (8)	con n nella fase di scarica (10) con t nella fase di carica

questi e lo schermo sono a priori dieci (15); ma le sei capacità fra i tronchi, salvo una, la c_{nt} che, come sopra si è visto, non è dannosa, vengono tutte eliminate dalla presenza dello schermo, che si interpone fra i tronchi, e sostituite dalle capacità fra tronchi e schermo; restano perciò da considerare le quattro capacità parassite aventi per armature:

$$S_{l+m} - l \qquad S_{l+m} - m \qquad S_{l+m} - n \quad \text{e} \quad S_{l+m} - t$$

Dati i collegamenti previsti per lo schermo, queste capacità si identificano a loro volta, durante la carica, con c_{lt}, c_{mt}, c_{nt} e c_{tt} e, durante la scarica, con c_{ln}, c_{mn}, c_{nn} e c_{nt}, avendo chiamato, per similitudine, con c_{nn} e c_{tt} le capacità totali o autocapacità dei tronchi n e t

(8) Per la prima delle regole anzidette.

(9) Per la seconda delle regole anzidette.

(10) Per la eccezione poco sopra illustrata, lo schermo può collegarsi a n nella fase di scarica anche se non può venire connesso a l.

(11) Perchè m è collegato con l al quale non è ammesso connettere lo schermo.

(12) Perchè, nella fase di carica, lo schermo può venire collegato solo con t e non è ammissibile, come si è detto, passare nella fase di scarica il collegamento a m che è al potenziale opposto.

(13) Perchè l è collegato con m al quale non è ammesso connettere lo schermo.

(14) Perchè, analogamente al caso della nota (12), non è permesso passare da t a l.

(15) Numero delle combinazioni di cinque elementi a due a due; si hanno precisamente le dieci capacità che fanno capo alle armature:

$S_{l+m} - l$ $\quad S_{l+m} - m$ $\quad S_{l+m} - n$ $\quad S_{l+m} - t$

$l - m$ $\quad l - n$ $\quad l - t$ $\quad m - n$ $\quad m - t$ $\quad n - t$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

che sono ovviamente nulle. Nessuna delle capacità parassite rimaste figura tra quelle dannose nelle rispettive fasi della misura e perciò possiamo concludere che lo schermo S_{l+m} raggiunge lo scopo propostoci.

2°) Schermatura dei tronchi l e n con un unico schermo S_{l+n} collegato come l'S_{l+m} (fig. 8 *b*).

Le considerazioni che si possono fare sono analoghe alle precedenti; diversa è solo la capacità parassita che non viene eliminata, ma si tratta anche ora di una capacità, la c_{mt}, che si è visto non essere dannosa. Restano pure qui da considerare le capacità fra i quattro tronchi e lo schermo, che è collegato come S_{l+m} e per le quali valgono quindi, almeno qualitativamente, le stesse conclusioni. Anche lo schermo S_{l+n} serve perciò al fine che ci siamo proposto.

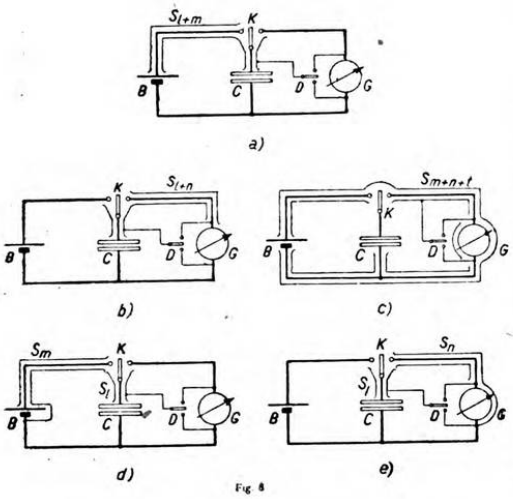


Fig. 8

3°) Schermatura dei tronchi m, n e t con un unico schermo S_{m+n+t}, collegato come il precedente (fig. 8 *c*).

Valgono le considerazioni fatte prima con l'unica variante che in questo caso tutte le capacità parassite, comprese quelle non dannose, vengono eliminate e sostituite da capacità tronchi-schermo; si conclude come sopra che anche S_{m+n+t} va bene.

4°) Schermatura di m con S_m collegato permanentemente a t e di l con S_l, collegato a t durante la carica e a n durante la scarica (fig. 8 *d*).

Gli elementi in giuoco sono ora sei (i due schermi ed i quattro tronchi), ma, ai fini del computo delle capacità, si riducono a cinque, perchè lo schermo S_m è collegato permanentemente a t che pertanto si identifica con S_m. Le capacità da considerare sono perciò dieci [16]; tuttavia le tre fra i tronchi l, m ed n scompaiono, perchè si sdoppiano nelle capacità fra i tronchi e lo schermo che si interpone tra essi e ne vengono sostituite. Così pure scompaiono ovviamente le capacità $S_m - l$ e $S_l - m$ tra uno schermo ed il tronco protetto dall'altro schermo, e restano in definitiva le capacità:

$$S_l - S_m \; ; \quad S_l - l \; ; \quad S_l - n \; ; \quad S_m - m \; ; \quad S_m - n$$

cioè la mutua fra gli schermi, le capacità tra ogni schermo ed il tronco di circuito corrispondente e infine quelle tra gli schermi ed il tronco n.

Queste capacità, dati i collegamenti previsti per gli schermi, si identificano a loro volta, nella fase di carica, rispettivamente con c_{tt}, c_{lt}, c_{nt}, c_{mt}, c_{nt} e nella fase di scarica con c_{nt}, c_{ln}, c_{nn}, c_{mt} e c_{nt}, avendo chiamato anche qui con c_{nn} e c_{tt} le autocapacità dei tronchi n e t. Poichè nessuna delle capacità parassite rimaste figura tra le dannose, si deduce che anche gli schermi S_l ed S_m, collegati come sopra si è specificato, raggiungono lo scopo.

5°) Schermatura di l con S_l, collegato a t durante la carica e a n durante la scarica, e di n con S_n, collegato permanentemente a t (fig. 8 *e*).

Ripetendo per analogia il ragionamento precedente, si giunge pure qui alla conclusione che rimangono da considerare in definitiva cinque capacità e cioè le:

$$S_l - S_n \quad S_l - l \quad S_l - m \quad S_n - m \quad S_n - n$$

Come precedentemente, queste capacità si trasformano, durante la fase di carica, nelle: c_{tt}, c_{lt}, c_{mt}, c_{mt}, c_{nt} e durante la fase di scarica nelle: c_{nt}, c_{ln}, c_{mn}, c_{mt} e c_{nt}. Nessuna di queste capacità figura tra le dannose; perciò anche quest'ultimo sistema di collegamento può servire.

Concludendo questo esame, notiamo che tutte e cinque le combinazioni di schermi che i criteri di scelta negativi sopra riportati ci avevano indicato come ammissibili, raggiungono il fine di drenare le correnti laterali dielettriche; a queste cinque vanno aggiunte ovviamente tutte le combinazioni che contengono le precedenti, quindi le altre tre schermature estese su tre tronchi: l, m, n; l, m, t; l, n, t e la schermatura completa su tutti e quattro; ma si tratta di combinazioni inutilmente più complicate del necessario e comprese, agli effetti funzionali, nelle precedenti; il prolungare lo schermo su un tronco in più del necessario non fa altro che aumentare la capacità parassita tra lo schermo ed il tronco; qualitativamente non muta nulla. Questi schermi possono essere tutti in un pezzo, collegati come S_{l+m} oppure divisi in due pezzi, come gli schermi da cui derivano, ma l'esame dettagliato di tutte le combinazioni non mostra ovviamente alcuna novità.

Osserviamo pure, a posteriori, che nessun criterio diretto, neanche analogico, avrebbe potuto guidarci a stabilire una schermatura idonea allo scopo prefissoci; in un nostro apparecchio altra volta descritto [17] si era arrivati per tentativi ad una soluzione che è compresa tra le precedenti e che risulta anzi, come vedremo, la più opportuna, ma nulla comunque allora poteva rassicurarci di questo nè indicarci quali e quante altre possibilità vi fossero.

Per la scelta della schermatura più conveniente ci fornirà qualche criterio sussidiario l'esame, che ora faremo, delle correnti laterali di conduzione [18].

5. – La schermatura del circuito contro le correnti laterali di conduzione.

Ricordiamo dal par. 3 che le correnti laterali di conduzione hanno origine interna, tra punti del circuito a diverso potenziale, oppure esterna, da qualche sorgente di tensione continua male isolata.

Perchè la misura sia possibile ed i risultati corretti, si deve assolutamente evitare che queste correnti vengano convogliate al galvanometro tanto nella fase di carica quanto, specialmente, nella fase di scarica; nel primo caso infatti esse determinano instabilità di zero del gal-

---

[16] **Numero delle combinazioni c. s.; le dieci capacità fanno capo alle armature:**

$S_l - S_m$ $S_l - l$ $S_l - m$ $S_l - n$ $S_m - l$

$S_m - m$ $S_m - n$ $l - m$ $l - n$ $m - n$

Il tronco t non compare perchè è stato sostituito da S_m.

[17] REGOLIOSI P., Articolo citato.

[18] **Alcuni concetti che seguono sono già stati da noi trattati in articoli precedenti, ma vengono qui riportati per dare un quadro completo dell'argomento.**

Biblioteca nazionale centrale di Roma

vanometro; nel secondo, sommandosi o sottraendosi alla corrente di scarica del condensatore, dànno luogo ad errori anche grossolani e di correzione incerta.

La eliminazione di queste correnti dalla misura si ottiene con un adeguato isolamento dei vari tronchi e degli schermi tra loro e verso terra, ma il compito risulta molto facilitato dalla introduzione di una « piastra di guardia » connessa, come abbiamo già altra volta illustrato [19] al tronco t; non ci dilungheremo sulla funzione di questa piastra, che è nota, nè sulle ragioni che ne consigliano il collegamento sopradetto, per le quali rimandiamo all'articolo citato; ricordiamo solo trattarsi di una piastra metallica, che fa da base ai sostegni isolanti del circuito di misura e degli schermi; con questo artificio è possibile evitare ogni connessione derivata, anche isolante, fra i tronchi l, m ed n del circuito e fra questi e gli schermi (perchè ognuno di tali elementi fa capo singolarmente alla piastra cioè al quarto tronco) e quindi impedire tra essi, in modo assoluto, ogni passaggio diretto di corrente derivata di conduzione. Le tre resistenze r_{tm}, r_{ln} ed r_{mn} della rete equivalente della fig. 3, per le quali si esige, come ora vedremo, un valore molto alto, assumono valore infinito e la rete delle conduttanze interna si riduce alle sole tre resistenze derivate verso t per le quali è richiesto un valore minore, più facilmente realizzabile.

Per quanto concerne le conduttanze verso l'ambiente (v. fig. 4), se si ha cura di adottare una disposizione della piastra che « tagli la strada » anche alle correnti che potrebbero giungere attraverso l'operatore e gli organi di manovra (v. per es. quella da noi altra volta descritta [19]), le resistenze di isolamento R_l, R_m ed R_n di l, m ed n verso l'ambiente risultano affidate all'aria e perciò infinite; resta solo la R_t, ma poichè attraverso una connessione sola non vi può essere, tra due reti, passaggio di corrente, viene con questo artificio impedito ogni scambio di corrente di conduzione fra il circuito e l'ambiente; la R_t potrebbe anzi a questo fine, essere qualunque, anche nulla (piastra messa a terra).

È però naturalmente necessario che la piastra si estenda dalla batteria B al galvanometro G, sostenendo anche le connessioni corrispondenti di cui le due facenti capo a t possono essere a massa, mentre le altre, facenti capo rispettivamente a m ed a n, vanno modestamente isolate, come ora vedremo.

Si può comunque concludere che, in presenza della piastra, il circuito di dispersione appare più limitato e meglio definito, mentre le differenze di potenziale fra i suoi morsetti, cioè ai capi dei colonnini isolanti, risultano note con esattezza, in modo che è possibile adeguarvi l'isolamento.

Per lo studio delle correnti laterali di conduzione supponiamo dapprima che non vi sia piastra di guardia e consideriamo, separatamente nelle due fasi della misura, i vari tronchi in cui si divide il circuito e gli schermi, facendo riferimento ancora alla fig. 3 ed alla fig. 4.

Resistenza di isolamento del circuito.

— Nel periodo della carica la r_{lm} è cortocircuitata e quindi innocua. Per le resistenze di isolamento r_{lt} ed r_{mt} basta un valore di $10^6 \div 10^7\ \Omega$, perchè le correnti disperse, che tendono a passare da l e da m a t, non dànno alcuna noia, risultando la carica del condensatore C sempre governata dalla tensione impressa; è necessario soltanto evitare che la corrente di dispersione, che viene fornita dalla sorgente B, non superi valori dell'ordine del milliampere, anche nel caso che la tensione applicata sia di un migliaio di volt (valori superiori non sono di solito usati nelle nostre misure), per non caricare eccessivamente la sorgente B, che è spesso di potenza molto limitata; donde i valori numerici sopra calcolati. La resistenza r_{nt} può essere anche nulla, perchè i tratti n e t sono allo stesso potenziale.

Particolare interesse meritano invece le resistenze derivate r_{ln} ed r_{mn} perchè, se vi è un passaggio di corrente dai tratti l ed m al tratto n che è al potenziale opposto (cioè se r_{ln} ed r_{mn} sono insufficienti), questa corrente tende a ritornare alla sorgente B passando nel galvanometro, che accuserà una deviazione permanente. Tale deviazione non sarebbe in realtà nociva, qualora persistesse identica dall'inizio alla fine della scarica, perchè si potrebbe tenerne conto, misurando la elongazione balistica del galvanometro a partire dalla posizione già deviata, assunta come falso zero; ma la costanza della corrente dispersa è poco probabile, dato anche il cambiamento di configurazione del circuito (r_{ln}, che durante la carica contribuisce a convogliare corrente, durante la scarica viene invece cortocircuitata) e comunque non se ne può essere sicuri; perciò è più opportuno eliminare la corrente derivata. Per raggiungere tale scopo le resistenze derivate r_{ln} ed r_{mn} dovrebbero essere molto grandi, per es. $\geqslant 10^{15}\ \Omega$, affinchè, anche lavorando con un galvanometro di elevata sensibilità (10^{-11} A/div.) e con una tensione di un migliaio di volt, la deviazione dell'indice luminoso risultasse sicuramente trascurabile ($\leqslant 1/10$ div.); ma un isolamento di questo valore si ottiene e soprattutto si conserva difficilmente, non appena il circuito assuma una certa lunghezza o quando intervenga un tratto in cavetto, come è probabile nel collegamento col galvanometro. È perciò assolutamente consigliabile ricorrere alla « piastra di guardia » connessa al tratto t. Come si è già messo in evidenza, le resistenze r_{ln} ed r_{mn} (insieme con la r_{lm}) diventano in questo caso infinite e quindi il valore sopra dedotto per esse ($\geqslant 10^{15}\ \Omega$) risulta ampiamente superato, mentre restano da considerare le resistenze r_{lt}, r_{mt} ed r_{nt}, per le quali valgono le osservazioni sopra riportate; si è inoltre sicuri che le eventuali correnti disperse da l e da m vengano tutte drenate e ricondotte alla sorgente di alimentazione, senza interessare il galvanometro.

Ma il vantaggio della piastra risulta ancora più evidente quando si considerino le conduttanze verso l'ambiente, perchè in questo caso non è possibile fissare a priori in base a quali ipotesi calcolare le resistenze di isolamento del circuito, non conoscendo il valore della tensione e della resistenza interna (ivi compresa quella delle sue, spesso incerte, connessioni col circuito) della sorgente disturbante. Per mettersi al sicuro contro ogni eventualità si dovrebbero fare tali resistenze (o almeno tre di esse) di valore infinito e questo risultato si raggiunge brillantemente con la piastra, come sopra si è dimostrato; donde l'assoluta convenienza di ricorrere a tale dispositivo. Ricordiamo soltanto che in questo caso i collegamenti con la sorgente di alimentazione e col galvanometro, qualora siano fatte con cavetti, devono avere una guaina metallica che va collegata alla piastra, di cui costituisce un prolungamento.

— Nella fase della scarica risulta cortocircuitata la r_{ln} che potrebbe essere qualunque, anche nulla; per r_{mt} valgono le osservazioni precedenti e la conclusione che occorre una resistenza dell'ordine di $10^6 \div 10^7\ \Omega$; così per r_{mn} e per r_{lm} si può ripetere quanto detto sopra per la stessa r_{mn} e per r_{ln}, in quanto, se vi è un passaggio di corrente permanente di conduzione dal tronco m ai tronchi l e n, questa corrente tende a ritornare alla sorgente B attraverso il galvanometro, sommandosi alla corrente di scarica del condensatore C e falsando i risultati della misura. Anche qui si potrebbe tentare la correzione dei risultati, sottraendo dalla deviazione totale del galvanometro la deviazione permanente residua, ma sarebbe sempre operazione scomoda e di risultato poco

---

[19] REGOLIOSI P., Articolo citato. Ricordo che la disposizione là descritta raggiunge lo scopo di « tagliare la strada » anche alle correnti che provengono dall'operatore attraverso le manopole di manovra.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sicuro; per evitare invece l'inconveniente si conclude, ripetendo le deduzioni precedenti, che r_{lm} ed r_{mn} devono essere $\geqslant 10^{15}\ \Omega$.

Restano da considerare le resistenze di isolamento r_{lt} ed r_{nt}. Poichè si deve avere l'assoluta certezza che tutta e sola la corrente immagazzinata nel condensatore C perviene al galvanometro, l'isolamento dei tratti l e n rispetto al tratto t deve essere particolarmente curato, perchè dall'istante in cui la linguetta della chiave K lascia la posizione di carica, eventuali correnti disperse dai tratti l e n verrebbero fornite a spese della carica elettrica dal condensatore, sfuggendo alla misura. Finchè la linguetta non ha raggiunto la posizione di scarica, è interessato solo il tratto l e la resistenza minima di isolamento di questo tronco si può dedurre tenendo presente che la quantità di elettricità sottratta per dispersione deve essere trascurabile rispetto a quella immagazzinata nel condensatore; con tale criterio si trova che è sufficiente per l una resistenza di isolamento di $10^{12}\ \Omega$ [20].

Quando invece la linguetta di K ha raggiunto la posizione di scarica, le correnti di conduzione laterale possono sfuggire da tutto il tratto $l + n$; ponendo anche qui la condizione precedente, si giunge a concludere che la resistenza di isolamento r_{nt} del tronco n deve essere al minimo di $10^6 \div 10^7\ \Omega$, in relazione con la resistenza del galvanometro [21].

---

[20] La resistenza R_d del circuito di dispersione è data (v. fig. 9) dalla resistenza interna e superficiale r_0 del condensatore in prova (resistenza del circuito equivalente in parallelo), in parallelo con la resistenza di isolamento r_{lt}.

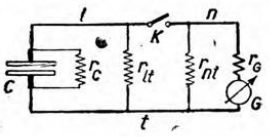


Fig. 9

Ai fini della precisione della misura basta ottenere che la quantità di elettricità che può sfuggire lungo la R_d sia piccola di fronte alla carica immagazzinata nel condensatore C. Posta quindi la condizione che la quantità di elettricità dispersa sia per esempio 0,5% della quantità immagazzinata Q, la carica residua Q' dopo il tempo $\tau = 0{,}01$ sec, che supponiamo impiegato dalla linguetta a passare dalla posizione di carica a quella di scarica, è:

$$Q' = 0{,}995\ Q = Q \cdot e^{-\frac{0{,}01}{R_d C}}$$

donde, risolvendo:

$$R_d C = 2.$$

Quindi risulta al massimo, per C piccolissima (10 pF):

$$R_d = 2 \times 10^{11}\ \Omega.$$

Ma la r_0 dipende dal condensatore in esame e su di essa nulla possiamo; si presentano quindi a questo punto due possibilità: o è $r_C \geqslant 10^{12}\ \Omega$, ed allora basta fare r_{lt} di questo stesso valore per soddisfare alle condizioni imposteci; o è $r_C < 10^{12}\ \Omega$ ed allora si rispettano male o non si possono rispettare affatto le condizioni anzidette, qualunque sia il valore di r_{lt} (in questo caso conviene introdurre la correzione dei risultati di cui in appresso). Noi adotteremo perciò per r_{lt} un valore minimo di $10^{12}\ \Omega$.

[21] La resistenza R_s del circuito di scarica del condensatore, è ora costituita dalla resistenza interna del galvanometro r_G, in parallelo con le resistenze di isolamento r_{nt}, r_{lt} e r_C, mentre il nuovo circuito di dispersione di resistenza R_d' è costituito dalle r_C, r_{lt} e r_{nt} in parallelo (vedi ancora la fig. 9).

Detti perciò:

V' = la tensione ai morsetti di C all'inizio della scarica, certo poco diversa dalla tensione V della sorgente di alimentazione, in volt;
v = la tensione ai morsetti di C durante la scarica, in volt;
i_d = la corrente di dispersione durante la scarica, in ampere;
Q_i = la quantità di elettricità immagazzinata in C, in coulomb: $Q_i = CV \cong CV'$;
Q_d = la quantità di elettricità dispersa dall'inizio alla fine della scarica, in coulomb;
C = la capacità del condensatore, in farad;

Anche qui l'aggiunta della piastra di guardia facilita molto la soluzione, perchè con essa le due resistenze r_{lm} ed r_{mn} che, si è visto, dovrebbero essere $\geqslant 10^{15}\ \Omega$, diventano (con la r_{ln}) infinite, mentre per le altre, che possono assumere valori più bassi, continuano a valere le deduzioni precedenti. Lo stesso dicasi per le conduttanze verso l'ambiente.

Riassumendo le conclusioni dedotte per le due fasi della misura si può scrivere che: r_{lm}, r_{ln} ed r_{mn} devono assumere un valore $\geqslant 10^{15}\ \Omega$; per r_{lt} bastano $10^{12}\ \Omega$; per r_{mt} e r_{nt} bastano $10^6\ \Omega$; per le R_l, R_m, R_n ed R_t, o almeno per tre di esse, non è possibile a priori fissare alcun valore, ma solo dire che deve essere elevatissimo. Adottando la piastra di guardia collegata a t, le prime tre resistenze di isolamento tanto delle esterne quanto delle interne, assumono valore infinito, mentre la R_t può essere qualunque e le altre tre resistenze interne, per le quali è richiesto un valore più facilmente ottenibile, diventano le resistenze di isolamento dei tre tronchi l, m ed n rispetto alla piastra di guardia; si conclude quindi che con la piastra di guardia il compito di isolare il circuito resta grandemente facilitato.

Resistenza di isolamento degli schermi.

Gli schermi vengono sostenuti per mezzo di elementi isolanti o dai corrispondenti tronchi di circuito o dalla piastra di guardia; e poichè in ogni caso essi sono collegati ad un punto di circuito, può avvenire che i sostegni isolanti siano sede di una corrente di conduzione che va disciplinata, affinchè non nuoccia alla misura.

Nella ipotesi che gli schermi siano sostenuti dai tronchi di circuito, la resistenza di isolamento tronco-schermo risulta in parallelo con la resistenza derivata fra il tronco protetto ed il tronco al quale lo schermo viene connesso. È facile rendersi conto, esaminando le varie combinazioni di schermi sopra illustrate, che ricompaiono così cinque delle sei resistenze che formano la rete equiva-

---

R_s = la resistenza del circuito di scarica sopra definita, in ohm;
R_d' = la resistenza del circuito di dispersione sopra definita, in ohm;

risultà:

$$v = V' \cdot e^{-\frac{t}{C R_s}}$$

$$i_d = \frac{v}{R_d'} = \frac{V'}{R_d'} \cdot e^{-\frac{t}{C R_s}}$$

$$Q_d = \int_0^\infty i_d\, dt = \frac{V'}{R_d'} \int_0^\infty e^{-\frac{t}{C R_s}}\, dt = C V' \frac{R_s}{R_d'} \cong Q_i \frac{R_s}{R_d'}.$$

Quindi, poichè la resistenza del galvanometro è certamente molto inferiore alle altre resistenze in parallelo e si può scrivere:

$$R_s \cong r_G$$

risulta:

$$\frac{Q_d}{Q_i} \cong \frac{r_G}{R_d'}$$

cioè la resistenza di isolamento del circuito di dispersione deve essere commisurata alla resistenza interna del galvanometro. Se perciò vogliamo che, anche in questa fase, la quantità di elettricità dispersa sia al massimo 0,5% della quantità immagazzinata, posto che è:

$$r_G = 1000 \div 10000\ \Omega$$

risulta che deve essere:

$$R_d' = 200\ r_G = (0{,}2 \div 2) \times 10^6\ \Omega$$

Si conclude cioè che la resistenza di isolamento del tronco n, in parallelo con quella di l e con la resistenza interna del condensatore C, può essere modesta; ma poichè queste due ultime devono avere un valore molto maggiore (dell'ordine di $10^{12}\ \Omega$, vedi nota precedente) si può fissare in circa $10^6\ \Omega$ la resistenza di isolamento del tronco n.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

lente alle conduttanze laterali del circuito (manca la sola r_{lm}) e che in particolare, in tutte le combinazioni di schermi, ritornano o la r_{ln} o la r_{mn} o ambedue [22].

Si è visto prima come queste resistenze debbano assumere un valore $\geqslant 10^{15}\,\Omega$ e si è già detto delle difficoltà che tale fatto arreca; per eliminare le difficoltà alla radice si deve anche per questa ragione ricorrere alla piastra di guardia, facendo sostenere gli schermi direttamente da essa a mezzo di proprii colonnini isolanti, distinti ed indipendenti da quelli del circuito; perciò gli schermi saranno opportunamente forati in determinati punti, in modo da lasciare passare, senza contatto, i colonnini che sostengono il circuito, ma le lacune sono così modeste, anche se praticate in corrispondenza del dielettrico di permettività maggiore, che nell'insieme l'efficienza della schermatura non ne risulta apprezzabilmente diminuita. Con questa disposizione restano da considerare soltanto le resistenze derivate tra gli schermi e la piastra e poichè la piastra è collegata al tronco t e gli schermi o al tronco t stesso o al tronco n, non rimane in particolare che la r_{nt}. Abbiamo già detto sopra come questa resistenza debba essere commisurata alla resistenza interna del galvanometro e dedotto per essa il valore piuttosto modesto di $10^6 \div 10^7\,\Omega$. Si conferma quindi ancora una volta la convenienza della piastra di guardia e si *conclude* che, con l'uso della piastra, i colonnini di sostegno degli schermi che vanno collegati, almeno in una delle due fasi della misura, al tronco n (quindi di tutti gli schermi, salvo S_m ed S_n, che sono collegati permanentemente con t) devono avere una resistenza di isolamento di $10^6 \div 10^7\,\Omega$, mentre per gli schermi S_m ed S_n non è necessario alcun isolamento rispetto alla piastra, perchè con questa essi di fatto si confondono. Si conclude pure che solo tali schermi parziali coincidono con la piastra, mentre in generale, nelle misure di cui ci occupiamo gli schermi e la piastra sono distinti tra loro perchè la piastra resta permanentemente collegata al tronco t e perciò al morsetto del galvanometro che vi fa capo, mentre gli schermi commutano il loro collegamento da t ad n, cioè da un morsetto all'altro del galvanometro. Ritorna quindi opportuno richiamare quanto si è detto nel par. 2 sulla diversità di comportamento, nelle nostre misure, degli schermi e della piastra di guardia, diversità che porta alla conclusione, importante dal punto di vista generale e qui confermata, che non vi può essere nel caso presente, completa identità tra gli schermi, che drenano le correnti dielettriche, e la piastra, che convoglia le correnti di conduzione, perchè, a differenza di quanto avviene nelle altre misure, i due dispositivi devono qui essere, almeno parzialmente, distinti e tra loro isolati.

Osserviamo infine che, dal punto di vista delle correnti di capacità, la presenza della piastra non muta per nulla le conclusioni del precedente par. 4 sulla funzione e sui collegamenti degli schermi, perchè la piastra si collega permanentemente a tronco t e per essa vale quanto si è detto a proposito di t.

6. – La schermatura del provino.

Si è già accennato sommariamente (v. par. 3) agli scopi di questa schermatura, affidata all'« anello di guardia ». Ricordiamo qui soltanto che nella sua forma originaria tale dispositivo è costituito da un anello metallico che circonda da vicino uno degli elettrodi e si appoggia contro la superficie della lastra in esame, lasciando verso l'elettrodo adiacente un piccolo spazio anulare [23]. Affinchè la protezione sia efficace si esige che:

— la distanza radiale tra anello ed elettrodo adiacente non superi lo spessore del dielettrico;

— il potenziale dell'anello risulti prossimo al potenziale dell'elettrodo adiacente;

— il diametro dell'elettrodo non protetto non sia minore del diametro esterno dell'anello e la larghezza di questo sia almeno tre o quattro volte lo spessore del dielettrico;

— il collegamento dell'anello col circuito sia tale da convogliare alla sorgente di alimentazione le correnti drenate dall'anello, senza che passino per il galvanometro.

Le prime tre condizioni sono richieste affinchè, nell'ipotesi di un dielettrico omogeneo ed isotropo, il campo elettrico entro la zona fronteggiante l'elettrodo protetto dall'anello risulti uniforme, in modo che sia possibile risalire dai risultati della misura alle caratteristiche specifiche del materiale in esame (permettività, resistività interna); l'ultima condizione è necessaria perchè tutte e sole le correnti dielettriche e di conduzione raccolte dall'elettrodo protetto dall'anello vengano convogliate al galvanometro, sì che il risultato stesso della misura sia corretto.

Con queste condizioni il dispositivo risulta efficace anche nel nostro caso, finchè il provino è collegato alla sorgente di alimentazione che fornisce, insieme con la carica elettrica del provino, anche le correnti derivate lungo la superficie del provino e nella massa stessa del dielettrico (correnti di conduzione superficiale e di conduzione interna); ma (v. par. 2) dall'istante in cui il provino cessa di essere alimentato e sino alla fine della scarica queste correnti derivate, che continuano ovviamente a sussistere, vengono alimentate a spese della carica elettrica immagazzinata nella capacità in esame, sì che una parte della carica sfugge in tal modo alla misura, richiudendosi direttamente tra le due armature. Nel nostro caso quindi non basta più, come in generale, « eliminare » dalla misura le correnti superficiali, convogliandole alla sorgente senza che attraversino il galvanometro, ma occorrerebbe « annullarle » perchè non contribuissero a scaricare il condensatore in prova; a tale scopo tuttavia non giova ovviamente l'anello, chè anzi, accorciando il percorso tra gli elettrodi lungo la superficie del dielettrico, esso facilita il passaggio delle correnti superficiali.

Ma di un altro errore può essere fonte l'anello nelle misure di cui ci occupiamo. Esaminiamo gli schemi che si possono con esso realizzare; questi schemi sono due: come è noto infatti l'anello deve circondare l'elettrodo che si collega al galvanometro e perciò, mentre la sua posizione è in generale unica e definita perchè unico è l'elettrodo connesso al galvanometro, nelle nostre misure l'anello può invece essere posto indifferentemente o all'uno o all'altro degli elettrodi, perchè ambedue, nella fase di scarica, risultano collegati al galvanometro; si ottengono così le disposizioni delle figg. 10*a* e 10*b*, che non hanno bisogno di particolari chiarimenti: la prima è quella abitualmente usata; la seconda deriva dalla disposizione da noi adottata per gli schermi (confronta con le figg. 8). I due schemi differiscono per la funzione del commutatore che, passando dalla carica alla scarica, nel primo caso muta il potenziale dell'anello e nel secondo no; ma in ambedue i casi la commutazione dell'anello deve avvenire contemporaneamente allo

[22] Con lo schermo S_{l+m} esteso ai tronchi l e m e collegato durante la carica a t e durante la scarica a n ricompaiono le resistenze di isolamento r_{lt} ed r_{mt} durante la carica e r_{ln} ed r_{mn} durante la scarica; analogamente con S_{l+n} si devono considerare, nell'ordine, le resistenze r_{lt}, r_{nt}, r_{ln}, r_{nn}; con S_{m+n+t} si hanno similmente le resistenze: r_{mt}, r_{nt}, r_{tt}, r_{mn}, r_{nn} e ancora r_{nt}; con S_m abbinato a S_t si hanno ordinatamente: r_{mt}, r_{tt}, r_{mt}, r_{ln} e infine con S_n abbinato a S_t: r_{nt}, r_{tt}, r_{nt}, r_{ln} (dove con r_{nn} ed r_{tt} si sono indicate, per similitudine, le resistenze di isolamento di n e di t rispetto a se stessi).

[23] V. PRICE, op. cit. Sotto questa forma l'anello è adatto alle lastre piane; a seconda dell'uso esso può tuttavia assumere diverse fogge: se si tratta di tubi isolanti, l'anello è di solito duplice e consiste in due fasciature conduttrici, praticate verso le estremità del provino, a breve distanza dall'elettrodo adiacente; nel caso dei cavi, si procede come per i tubi; in casi diversi si procede per analogia.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

scatto della chiave di carica e scarica; dove la « contemporaneità » della manovra va intesa nel senso che, nel passaggio dalla prima alla seconda posizione, tanto l'elettrodo quanto l'anello devono essere staccati dalla posizione di carica, prima che uno dei due raggiunga quella di scarica.

Infatti, col primo schema, se l'anello fosse ancora collegato in posizione di carica mentre l'elettrodo è già in posizione di scarica, si stabilirebbe il circuito: sorgente di alimentazione, anello, resistenza superficiale anello-elettrodo, elettrodo, galvanometro, sorgente; il galvanometro verrebbe così percorso, insieme con la corrente di scarica del condensatore, anche dalla corrente di carica della capacità anello-elettrodo adiacente e dalla corrente di conduzione superficiale tra gli stessi organi, ben maggiore questa, data la vicinanza dei due organi, dell'altra che si vorrebbe evitare.

Nel caso invece che le parti fossero invertite (anello collegato in posizione di scarica ed elettrodo ancora in posizione di carica) il circuito si chiuderebbe ugualmente, saltando tuttavia il galvanometro e l'anello perderebbe del tutto la sua funzione, aggravando, anzichè migliorare, la disuniformità del campo dielettrico e la dispersione della corrente superficiale.

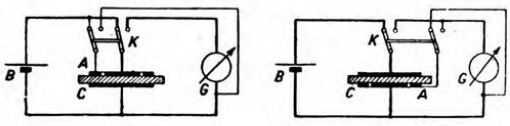


Fig. 10

Analogamente, con lo schema della fig. 10 *b*, se il commutatore dell'anello raggiunge la posizione di scarica prima che quello dell'elettrodo abbia lasciato la posizione di carica, la corrente di conduzione superficiale elettrodo-anello passa nel galvanometro ed imprime all'indice luminoso una deviazione permanente che dura fino all'istante della scarica e viene a sommarsi alla deviazione impulsiva; se accade invece il caso inverso, la corrente di scarica della capacità ai bordi passa nel galvanometro insieme con la corrente principale.

Questi inconvenienti a cui vanno incontro, sia pure in grado diverso, ambedue le disposizioni, rendono difficile l'uso ed incerta l'efficacia dell'anello di guardia, perchè la richiesta contemporaneità della manovra complica la costruzione della duplice chiave di carica e scarica e perchè, dovendo la commutazione essere rapidissima e quindi i contatti di scarica molto ravvicinati, può restare spesso il dubbio che la manovra non sia avvenuta regolarmente.

Altra difficoltà per la duplice chiave proviene dal fatto che, in funzionamento normale, la resistenza del collegamento isolante tra le due linguette viene a trovarsi, durante la scarica, in parallelo con la resistenza interna del galvanometro e va a questa commisurata.

D'altra parte notiamo che le correnti superficiali si sommano con le correnti di conduzione interna nella massa stessa del dielettrico, correnti quindi che sono intrinsecamente non eliminabili, ma di cui è facile tenere conto, correggendo i risultati della misura; e poichè una correzione si deve fare, questa correzione può venire estesa contemporaneamente anche alle correnti superficiali. Per tale scopo è necessaria la misura della resistenza di isolamento del condensatore, misura che si eseguirà senza anello, in modo da dedurre assieme la resistenza interna e la superficiale (resistenza del circuito equivalente in parallelo del condensatore). Detti allora (v. fig. 9): C la capacità vera del condensatore, C' quella risultante dalla misura; r_g la resistenza interna del galvanometro; r_0 la resistenza di isolamento del condensatore come risulta dalla misura precedente; r_{lt} e r_{nt} le resistenze di isolamento dei tronchi di circuito l e n; R_d la resistenza combinata di r_g e r_{lt} in parallelo (v. nota [20]); τ il tempo che impiega la linguetta della chiave K a passare dalla posizione di carica a quella di scarica; risulta con buona approssimazione [24]:

$$C \cong C'\left(1 + \frac{r_g}{r_0} + \frac{r_g}{r_{lt}} + \frac{r_g}{r_{nt}} + \frac{\tau}{C'R_d}\right)$$

Esaminando i vari termini della formula possiamo concludere che la capacità C', che risulta dalla misura differisce dalla capacità vera C per due termini additivi: il primo, dato da

$$C'\left(\frac{r_g}{r_0} + \frac{r_g}{r_{lt}} + \frac{r_g}{r_{nt}}\right)$$

---

[24] La C' differisce dalla C per il fatto che, come si è già illustrato trattando dell'isolamento del circuito (v. in particolare le note [20] e [21]), dall'istante in cui la linguetta della chiave K lascia la posizione di carica, una parte della quantità di elettricità immagazzinata nel condensatore si scarica attraverso le conduttanze laterali del condensatore stesso e del circuito: proporzionalmente diminuisce anche la tensione ai morsetti del condensatore, ma, nel computo della capacità, si assume invece il valore V della tensione di carica e non si potrebbe, nè sarebbe utile, fare altrimenti (perchè non è facile misurare con esattezza il valore della tensione all'istante dell'inizio della scarica e comunque si dovrebbe poi sempre tenere conto della quantità di elettricità dispersa da questo istante alla fine); perciò la capacità così dedotta risulta affetta da un errore in meno.

Per il calcolo di questo errore consideriamo separatamente i due periodi della scarica e facciamo ancora riferimento alla fig. 9 e ai simboli sopra introdotti nelle note [20] e [21].

I periodo: dall'istante in cui la linguetta di K ha lasciato la posizione di carica fino a che ha raggiunto quella di scarica. Il condensatore si scarica spontaneamente attraverso R_d e la quantità di elettricità dispersa è data da:

$$q_d = Q_i\left(1 - e^{-\frac{t}{CR_d}}\right)$$

Se il periodo dura τ, la quantità di elettricità dispersa risulta:

$$Q'_d = Q_i\left(1 - e^{-\frac{\tau}{CR_d}}\right)$$

II periodo: dall'istante in cui la linguetta ha raggiunto la posizione di scarica alla fine. Ci troviamo nelle condizioni considerate nella nota [21] e possiamo concludere, come allora, che la quantità di elettricità dispersa in questo periodo è:

$$Q''_d = (Q_i - Q'_d)\frac{R_s}{R_d'}$$

essendo ovviamente $(Q_i - Q'_d)$ la carica all'inizio della scarica.

La quantità di elettricità dispersa totale Q_d è la somma delle precedenti, quindi, eseguendo l'operazione, sviluppando in serie l'esponenziale e fermandosi al secondo termine, si ottiene:

$$Q_d \cong Q_i\left(\frac{\tau}{CR_d} + \frac{R_s}{R_d'} - \frac{\tau}{CR_d}\cdot\frac{R_s}{R_d'}\right)$$

La quantità di elettricità misurata Q' è ovviamente:

$$Q' = Q_i - Q_d$$

Perciò, eseguendo la differenza, dividendo per la tensione V di carica e facendo opportune riduzioni, si perviene a:

$$C = C'\frac{R_d'}{R'_d - R_s} + \frac{\tau}{R_d}$$

Questa formula, già di per sè espressiva, si può scrivere, con qualche sostituzione, anche così:

$$C \cong C'\left(1 + \frac{r_g}{r_c} + \frac{r_g}{r_{lt}} + \frac{r_g}{r_{nt}} + \frac{\tau}{C'R_d}\right).$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dipende dalle varie resistenze in giuoco (più precisamente dai loro rapporti rispetto alla resistenza interna del galvanometro) e si riferisce ai disperdimenti che avvengono dal momento in cui la linguetta ha già raggiunto la posizione di scarica sino alla fine; il secondo, dato da τ/R_d, dipende dal tempo τ e dalla resistenza di isolamento che si ha complessivamente ai morsetti del condensatore durante il passaggio della linguetta dalla posizione di carica a quella di scarica e si riferisce appunto ai disperdimenti in tale periodo.

Nell'esame della formula si nota pure che r_G/r_{it} e r_G/r_{nt} sono certamente trascurabili di fronte all'unità, mentre nulla si può dire a priori del termine r_G/r_C. Anche il termine in τ è di solito trascurabile: esso rappresenta infatti il rapporto tra il tempo τ e la costante di tempo del condensatore [25]; ora τ è dell'ordine di 0,01-0,001 sec e la costante di tempo dei condensatori è variabile secondo il tipo, ma certo molto superiore [26]. La espressione precedente si può quindi ridurre per gli usi pratici alla forma:

$$C \cong C' \frac{r_C + r_G}{r_C}.$$

Concludendo la discussione sulla schermatura del provino e sull'anello di guardia, ci pare degna di nota l'osservazione che l'uso dell'anello di guardia, come si pratica spesso nelle nostre misure, a somiglianza di quanto si fa generalmente in altri casi, è qui incorretto, perchè l'anello annulla in tale modo l'effetto dei bordi, ma peggiora le condizioni della prova per ciò che concerne le correnti superficiali, che non solo non elimina, ma incrementa, rendendo perciò più insicura la corrispondente correzione dei risultati.

D'altra parte una correzione è spesso necessaria per tenere conto della inevitabile corrente di conduzione interna nella massa del dielettrico e questa correzione può essere estesa contemporaneamente alle correnti superficiali. Meglio è quindi riservare all'anello soltanto il compito di annullare l'effetto dei bordi. A tale fine l'anello deve potersi accostare alla superficie del provino sino a sfiorarla, ma senza toccarla; l'uniformità del campo dielettrico nella zona fronteggiante l'elettrodo protetto è ugualmente raggiunta, salvo forse per gli spessori piccolissimi, mentre diventa impossibile il passaggio di corrente tra l'anello e l'elettrodo adiacente, lungo la superficie del provino. L'anello può per questo compito venire sostenuto direttamente dalla piastra di guardia, che risulta allora indispensabile, e la sua resistenza di isolamento rispetto alla piastra deve essere, con ambedue le disposizioni sopra illustrate, dell'ordine di $10^6 \div 10^7\ \Omega$ [27].

[25] La vera costante di tempo sarebbe Cr_C, ma C differisce solitamente poco da C' ed r_C è certo prossimo a R_d, perchè r_{it} è molto alto.

[26] Per i condensatori in mica la costante di tempo si aggira intorno a $10 \div 25 \times 10^3$ sec; più elevata risulta per i condensatori in aria (isolamento in quarzo, calit ecc.); un po' più piccola, ma certo ancora esuberante per quelli in carta immersa in olio per trasformatori ($5 \div 20 \times 10^3$ sec) o per quelli in carta paraffinata ($1 \div 5 \times 10^3$ sec); piccola e piuttosto variabile, specie con la tensione, ma comunque sempre sufficiente, per i condensatori elettrolitici (50÷150 sec) (da COURSEY: *Electrolitic condensers*).

[27] Si osservino infatti le figg. 10 *a* e 10 *b* e si tenga presente che la piastra è connessa al tronco t; con la prima disposizione, durante la carica eventuali correnti di conduzione che tendessero a sfuggire lungo l'isolamento dell'anello perverrebbero al tratto t e quindi alla sorgente B senza interessare il galvanometro; ma si deve evitare di sovraccaricare la sorgente B, perciò la resistenza di isolamento deve essere dell'ordine di $10^6 \div 10^7\ \Omega$, come già dedotto altra volta; nel periodo della scarica la resistenza di isolamento dell'anello viene cortocircuitata e quindi potrebbe essere anche nulla.

Nel caso della fig. 10 *b* la resistenza di isolamento dell'anello è invece cortocircuitata nella fase della carica, ma risulta in parallelo col galvanometro durante la scarica e quindi deve essere pure, come più volte dedotto, di $10^6 \div 10^7\ \Omega$.

Sull'inserzione dell'anello possiamo anche concludere che, delle due disposizioni possibili (v. figg. 10 *a* e 10 *b*) è migliore quella consigliata da noi (fig. 10 *b*) con la quale l'anello non muta di potenziale durante la misura. In tale caso e sempre nell'ipotesi di tenere, come abbiamo dimostrato necessario, lievemente scostato l'anello dalla superficie del provino, il commutatore dell'anello può essere manovrato separatamente dalla chiave di carica e scarica, con l'unica condizione di passarlo in posizione di scarica prima della chiave e quando si ritiene finita la carica del condensatore. Svincolando così le due manovre una dall'altra, si semplifica notevolmente la costruzione della chiave e si elimina ogni possibilità di errore; non solo, ma poichè l'anello viene così a seguire le vicissitudini degli schermi (più che un anello di guardia vero e proprio esso costituisce infatti un prolungamento degli schermi) non è neanche necessario introdurre un nuovo commutatore, perchè basta connettere anche l'anello al commutatore degli schermi.

Con la disposizione della fig. 10 *a* invece, anche accettando di tenere l'anello scostato dalla superficie, la manovra deve risultare ancora simultanea, per evitare errori provenienti dalle correnti dielettriche dei bordi e perciò la chiave deve essere doppia, con le anzidette difficoltà costruttive e funzionali.

Altro vantaggio della nostra disposizione sta in ciò che, essendo svincolato il commutatore dell'anello dalla chiave di carica e scarica, l'isolamento diretto tra i due organi (che sono sostenuti separatamente tra loro dalla piastra di guardia) risulta infinito.

Per ciò che concerne infine le capacità parassite tra l'anello e le altre parti del circuito, risultando tale dispositivo collegato permanentemente ad uno schermo, per esso vale quanto già dedotto per lo schermo corrispondente.

7. – CONCLUSIONE.

Uno schema completo, eseguito con questi criteri, è rappresentato nella fig. 11, che riteniamo la più consigliabile per le misure balistiche. Tra le varie possibilità

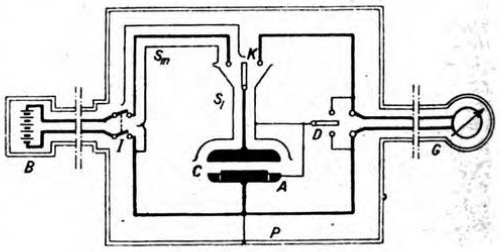


Fig. 11

A, anello – *B*, sorgente di alimentazione – *C*, condensatore in prova – *D*, commutatore dello schermo S_l e dell'anello – *G*, galvanometro balistico – *I*, interruttore sull'alimentazione – *K*, chiave di carica e scarica – *P*, piastra di guardia (rappresentata convenzionalmente dal suo contorno ed estesa anche al galvanometro, alla batteria ed alle connessioni corrispondenti) – S_l, schermo del tronco l – S_m, schermo del tronco m.

si sono adottati gli schemi S_l e S_m separati (fig. 8 *d*) perchè costruttivamente più agevoli e perchè tale disposizione è l'unica (con quella a schermo intero della fig. 8 *a*) che non richieda la schermatura del tronco n; questo tronco è infatti piuttosto lungo e di solito quasi tutto in cavetto, sì che sarebbe difficile mantenere lo schermo assolutamente staccato dal circuito, come è richiesto dalle ragioni di isolamento sopra viste.

La disposizione adottata richiede però la schermatura di ambedue gli elettrodi, dato che l'elettrodo collegato al tronco l deve essere protetto con uno schermo in con-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tinuazione con lo schermo di l, mentre l'anello di guardia deve restare, per quanto detto, all'altro elettrodo, che è collegato a t e che non muta perciò il suo potenziale durante la prova.

Adottando invece lo schermo S_{m+n+t}, il tronco l non andrebbe schermato e così l'elettrodo che ad esso si collega resterebbe libero, mentre lo schermo del tronco t si prolungherebbe agevolmente a formare l'anello che circonda l'elettrodo collegato allo stesso tronco t; ma con questa disposizione si deve per contro superare l'anzidetta difficoltà della schermatura al collegamento fra il tronco t e il galvanometro e perciò abbiamo preferito la prima soluzione.

*

L'Autore è sentitamente grato al prof. Bottani per i consigli ricevuti durante il lavoro.

Politecnico di Milano
Istituto di Elettrotecnica Industriale « C. Erba ».

MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI DI COSTRUZIONE ANTIDEFLAGRANTI

MENNATO MELONE

Norme ufficiali di quasi tutti i Paesi prescrivono ormai d'installare macchine elettriche di costruzione antideflagrante negli impianti minerari, chimici, ed in generale in tutti quelli ove sia possibile la formazione di miscugli detonanti.

L'Autore, dopo aver accennato al comportamento dei gas più comuni durante l'esplosione, passa ad analizzare le possibili costruzioni antideflagranti, dando particolare rilievo a quelle specialmente adatte per macchine ruotanti.

Ciascuna possibilità costruttiva viene illustrata da costruzioni realizzate dalla Ditta a cui appartiene (Tecnomasio Italiano Brown Boveri) ed infine cerca di circoscrivere l'impiego più appropriato di ciascun tipo costruttivo.

I. — PREMESSA.

Negli impianti delle industrie chimiche ed estrattive si è avuto in questi ultimi anni una maggiore diffusione del macchinario elettrico. Nei locali di queste industrie, esistono quasi sempre gas infiammabili, mescolati più o meno in grande quantità con l'aria atmosferica. Sarebbe quindi pericoloso che una scintilla elettrica, prodottasi durante il funzionamento della macchina, potesse essere la causa dell'accensione del gas, provocando conseguentemente una deleteria esplosione.

Alle principali Ditte costruttrici di macchinario elettrico, si è posto quindi il problema di studiare una costruzione che potesse funzionare soddisfacentemente in tali ambienti, e perciò sufficientemente protetta contro probabili esplosioni. Questa costruzione viene genericamente denominata « antideflagrante »; mentre la denominazione « antigrisotosa » si applica ad una costruzione atta a funzionare in ambienti con miscugli di metano ed aria.

Scopo di queste note è quello di descrivere alcune costruzioni antideflagranti realizzate, dando rilievo alla macchina rotante più comunemente adoperata, cioè al motore asincrono trifase.

Prima di descrivere però i vari tipi costruttivi realizzati e per rendersi conto di alcuni particolari accorgimenti prescritti dalle norme, è indispensabile dare uno sguardo al comportamento dei più comuni gas detonanti durante l'esplosione in un recipiente chiuso.

II. — COMPORTAMENTO DEI PIÙ COMUNI GAS DETONANTI DURANTE L'ESPLOSIONE.

Affinchè una costruzione antideflagrante possa corrispondere ai requisiti che si propone di realizzare, è necessario conoscere il comportamento dei principali gas detonanti che, per ragioni varie, possono essere presenti nell'industria chimica ed in quella estrattiva. Per detti gas, pure differendo per quanto riguarda il loro potere detonante, si può fare riferimento ad uno dei principali, come per esempio: all'idrogeno e ad alcuni idrocarburi della formula $C_m H_n$ qui appresso elencati:

a) Idrogeno, combinandosi con l'ossigeno dell'aria forma, come è noto, una miscela tonante. Tra le sue applicazioni industriali è da notare principalmente quella della fabbricazione per sintesi dei carburanti.

b) Metano (CH_4), detto gas delle miniere, perchè si sviluppa naturalmente nelle miniere di carbon fossile. Con l'aria forma un miscuglio chiamato « grisù », tristemente famoso per le catastrofi provocate dalle sue esplosioni.

c) Vapori di benzina e benzolo. Quest'ultimo non è altro che benzina di catrame ($C_6 H_6$).

d) Acetilene (C_2H_2), mescolata con l'aria diventa esplosiva ed è più pericolosa del gas illuminante. È importante soprattutto per la fabbricazione della gomma sintetica e di prodotti farmaceutici.

e) Gas illuminante, contiene principalmente idrogeno e metano, forma con l'aria una miscela detonante.

1. — *Combustione - Eplosione - Detonazione.*

La *combustione* è la combinazione chimica della sostanza che brucia (combustibile) con l'ossigeno dell'aria (comburente). In generale questa combinazione chimica è accompagnata da sviluppo di calore con o senza fiamma.

Si ha *l'esplosione,* se la combustione avviene in un recipiente chiuso, di conseguenza la pressione interna aumenta distribuendosi quasi uniformemente sulle pareti, e la velocità della fiamma può variare da alcuni decimetri fino a qualche decina di metri al secondo.

Se le concentrazioni di alcune miscele gassose si trovano in certe determinate condizioni favorevoli, in volumi relativamente grandi, l'onda di esplosione può aumentare la sua velocità di propagazione durante la sua diffusione, cosa relativamente facile in miscele con l'ossigeno, e può trasformarsi in una di *detonazione,* incrementando la combustione. La detonazione è il più violento fenomeno di combustione conosciuto, la pressione che ne deriva non è più ripartita uniformemente e può raggiungere valori anche fino a 10 volte superiori alle corrispondenti pressioni di esplosione.

Fortunatamente però, nelle normali costruzioni di macchine elettriche, lo spazio si utilizza al massimo, lasciando quindi limitati volumi liberi, che potrebbero tuttavia essere ancora pericolosi per l'acetilene.

2. — *Pericolo di esplosione per miscele gassose e per polveri.*

a) Il pericolo di esplosione di miscele gassose, per quanto riguarda gli impianti elettrici, può essere giudicato dal limite minimo di esplosione, cioè dalla percentuale volumetrica di gas mescolata all'aria, oltre la quale si presenta la possibilità di esplosione, e talvolta, anche dalla temperatura di accensione del miscuglio indicata nella Tabella I.

È da notare però, che queste temperature di accensione sono quelle minime, esse sono di tanto più alte

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quanto più corto è il tempo di accensione. Per una miscela di metano ed ossigeno, per esempio, essa varia da 660 °C a 1400 °C, con un tempo di accensione variabile rispettivamente da 10 minuti primi ad una piccolissima frazione di minuto secondo.

Il limite minimo di esplosione ad esempio è:

del 10% per l'ammoniaca, l'ossido di carbonio, il gas povero e l'acido solfidrico;

del 4÷10 % per il gas illuminante, l'idrogeno, il metano e l'acetilene.

Grosso modo, si può giudicare il pericolo di esplosione dal come l'uomo può continuamente lavorare nell'ambiente; *se esso vi deve lavorare con la maschera di protezione contro i gas, il pericolo di esplosione esiste.*

TABELLA I.

GAS	
Miscugli di aria con	Temper. di accens. ca. °C
Metano	650
Idrogeno	550
Benzina	400
Acetilene	340
POLVERI	
Miscuglio di aria con polvere di	Temp. minima di accens. °C
Frumento	630
Farina di segale	620
Farina di legno	610
Malto di orzo	600
Zucchero	410
Zolfo	215

Il pericolo di esplosione può essere parzialmente eliminato, col prevedere una buona aereazione dei locali in modo da impedire l'addensamento dei gas nell'aria, e qualche volta, si prevede un vero impianto di ventilazione ed aspirazione.

Una *razionale aereazione dei locali, costituisce già da sola una buona protezione contro le esplosioni.*

Per dare al costruttore una guida, sono stati riuniti i vari gas in *4 gruppi di accensione* e, per ciascun gruppo, sono date le temperature massime tollerabili senza pericolo, raggiungibili dalle varie parti racchiudenti la macchina, come per esempio: carcasse, coperchi-sopporto, calotta, ecc.

Gruppi e temperature sono indicate nella Tabella II.

b) Il pericolo di esplosioni per polveri impalpabili soggette all'accensione spontanea si verifica specialmente per quelle di lignite e di alluminio, perchè, verificandosi alcune determinate condizioni, possono spontaneamente accendersi intorno ai 50 °C. In tutti i modi, nella Tab. I sono indicate le temperature di accensione di alcune polveri più comuni.

Il pericolo di accensione però di questi miscugli, dovuto a scintille provenienti da macchine od apparecchi elettrici, come per esempio da spazzole di collettori o da relè, *non dev'essere sopravalutato,* poichè quelle determinate condizioni, fortunatamente, non si realizzano negli impianti industriali normali. Questo spiega il perchè, ancora oggi, sia negli zuccherifici che nelle cockerie, vengono installate macchine di esecuzione semplicemente chiusa.

3. — *Reazione chimica nella esplosione.*

Analizziamo, a titolo di esempio di reazione chimica durante la combustione, il caso del metano o gas delle miniere. Ricordando il principio di Avogadro secondo il quale volumi uguali di qualsiasi gas, a parità di pressione e di temperatura, contengono lo stesso numero di molecole, ne deriva che i pesi contenuti nell'unità di volume, cioè i pesi specifici, sono proporzionali ai pesi molecolari.

	gas	gas	gas	vapore
	CH_4	$+ 2\ O_2$	$= CO_2$	$+ 2\ H_2O + 191{,}3$ Cal
in vol. (Mol)	1	+ 2	forma 1	+ 2
in peso (g.)	16	$+ 2 \times 32$	$= 44$	$+ 2 \times 18$
	16	+ 64	= 44	+ 36

In questo processo si sviluppa un calore uguale a 191,3 Cal che viene assorbito dai prodotti della reazione elevandone la loro energia interna. Così ad esempio, la temperatura dei singoli prodotti derivati dalla reazione fra anidride carbonica e vapore acqueo, sale fino all'assorbimento completo del calore resosi libero.

4. — *Valore della pressione di esplosione.*

Per la legge di Joule, l'energia interna di una data quantità di gas dipende soltanto dalla temperatura. Una idea di questa energia interna è data dalla fig. 1 che rappresenta appunto la variazione in Cal/Mol, in funzione della temperatura, per una miscela per motori a gas, rilevata sperimentalmente da Clerk.

Riscaldando una miscela in un recipiente chiuso, quindi a volume costante, la pressione del gas riscaldato P_e, varia per rapporto alla pressione iniziale P_i, esistente prima del riscaldamento, proporzionalmente alle corrispondenti temperature T_e, T_i, quindi:

$$\frac{P_e}{P_i} = \frac{T_e}{T_i}$$

e tenendo conto anche della eventuale variazione di volume μ dovuta alla combustione, si ha la pressione di

TABELLA II.

Gruppo di accens.	Temp. minima di accens. °C	Miscele di aria con i seguenti gas	Temp. massima per le parti di macchine elettr. in serv. cont. °C
A	> 450	Benzina sintetica - Idrogeno - Ossido di carbonio - Metano - Gas illuminante - Ammoniaca - Idrocarburi in genere - Molti alcoli	200
B	300÷449	Acetilene - Idrogeno solforato	155
C	175÷299	Esano (puro) - Etano (puro) - Idrocarburi della serie paràffinica	115
D	120÷174	Solfuro di carbonio	80

Biblioteca nazionale centrale di Roma

esplosione:

$$P_e = \mu \cdot P_i \cdot \frac{T_e}{T_i} \qquad (1)$$

D'altra parte, il calore di combustione q espresso in calorie per ogni m³ di miscela è dato da:

$$q = 44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \ (T_e - T_i) \cdot 10^{-3} \qquad (2)$$

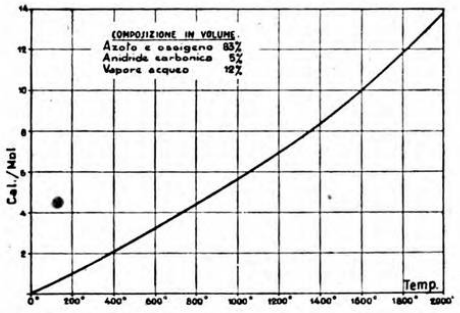


Fig. 1. — Variazione della energia interna di una miscela per motore a gas, in funzione della temperatura.

nella quale 44,6 è il rapporto tra il volume espresso in m³ e quello di 22,4 dm³ corrispondente ad un Mol, cioè:

$$\frac{1000}{22{,}4} = 44{,}6$$

$[C_v]_i^e$ è il calore specifico della miscela in cal/grado Mol tra le temperature iniziali T_i e di esplosione T_e. Risolvendo la (2) per rapporto a T_e si ha:

$$T_e = \frac{q + 44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \cdot T_i \cdot 10^{-3}}{44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \cdot 10^{-3}} = \frac{q}{44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \cdot 10^{-3}} + T_i \qquad (3)$$

Sostituendo questo valore nella (1), si ha:

$$P_e = \frac{\mu \cdot P_i}{T_i}\left(\frac{q}{44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \cdot 10^{-3}} + T_i\right) = \frac{\mu \cdot P_i \cdot q}{T_i \cdot 44{,}6 \cdot [C_v]_i^e \cdot 10^{-3}} + \frac{\mu \cdot P_i \cdot T_i}{T_i}$$

cioè:

$$P_e = \frac{\mu \cdot P_i \cdot q}{T_i \cdot 44{,}6\ [C_v]_i^e \cdot 10^{-3}} + \mu P_i \qquad (4)$$

Ed infine, riferendoci alla temperatura iniziale uguale a quella ambiente di 20 °C, quindi assoluta $T_i = 273 + 20 = 293$ °K ed alla pressione iniziale di 760 mm di Hg, e trascurando il secondo termine della formula (4), generalmente piccolo per rapporto al primo termine, si ha la sopra pressione P in kg/cm².

$$P = \frac{1{,}033}{293 \cdot 0{,}0446} \cdot \frac{\mu \cdot q}{[C_v]_i^e} = 0{,}079 \frac{\mu \cdot q}{[C_v]_i^e} \qquad (5)$$

Si vede quindi che la sopra pressione di esplosione è direttamente proporzionale al calore di combustione q espresso dalla formula (2), alla variazione di volume μ nella combinazione chimica molecolare durante l'esplosione, ed inversamente proporzionale al calore specifico.

Nella fig. 2 sono indicate, in funzione del calore di combustione per m³, alcuni risultati di prova per pressioni di esplosione riferite a quella iniziale di 760 mm Hg ed ottenute con recipienti sferici di qualche litro di capacità.

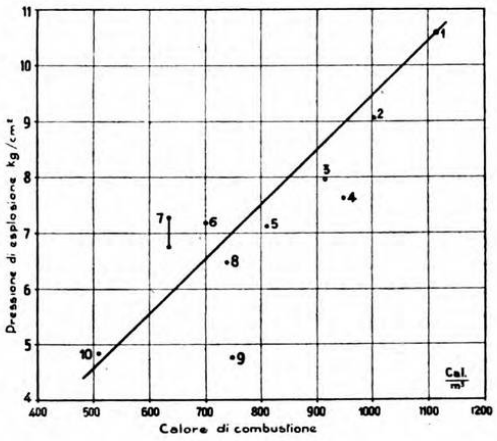


Fig. 2. — Pressione massima di esplosione in funzione del calore di combustione.

Conoscendo quindi il valore del calore di combustione di un determinato gas, si può desumere con una certa approssimazione, la pressione di esplosione. A chiarimento di quanto detto, viene fatto qui appresso un esempio sul metano con tracce di ossigeno.

Temperatura iniziale:
$t_i = 20$ °C $\quad T_i = 273 + 20 = 293$ °K

Temperatura d'esplosione:
$t_e = 1100$ °C $\quad T_e = 273 + 1100 = 1373$ °K

Calore specifico $[C_v]_{20\ °C}^{1100\ °C} = 18$ Cal/Mol °C

Calore di combustione =
$= 44{,}6 \times 18 \times (1373 - 293) \cdot 10^{-3} = 865$ Cal/m³

La pressione di esplosione corrispondente a questo valore (fig. 2) coincide praticamente con quella di 7,5 kg/cm² trovata sperimentalmente. È interessante anche vedere l'andamento che assume la pressione durante la esplosione; l'oscillogramma della fig. 3 lo indica appunto per una miscela di aria con 29 % in volume di idrogeno. Il suo valore massimo è di 6,4 atm e viene raggiunto in 1/1000 di secondo circa, come si può desumere dalla frequenza di paragone di 100 Hz.

Secondo i risultati delle prove eseguite da H. Maskow, le pressioni interne, che possono verificarsi durante l'esplosione di alcune miscele gassose racchiuse in un recipiente, sono riportate nella fig. 4. In ordinata sono indicate le pressioni di esplosione ed in ascissa le miscele di aria con le percentuali in volume del gas contenuto nell'involucro ermeticamente chiuso. Da essa si rileva che la pressione di esplosione delle sostanze esaminate, oscilla tra 6 e 9 atmosfere. Quest'ultimo valore appartiene all'acetilene,

Biblioteca nazionale centrale di Roma

cosicchè questo gas deve ritenersi il più pericoloso e quindi le macchine in ambienti che lo contengono, debbono essere costruite ed installate con speciale atten-

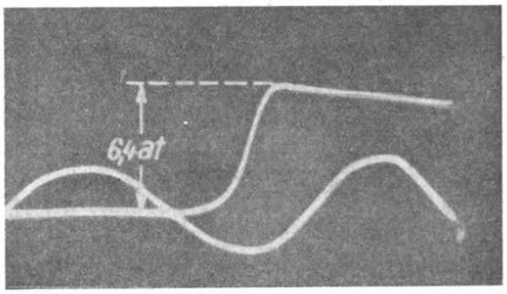


Fig. 3. — Oscillogramma della pressione di esplosione per una miscela di aria ed idrogeno.

zione. Si può ritenere inoltre, con sufficiente approssimazione, che la pressione di esplosione di una data miscela di gas è indipendente dal volume del recipiente.

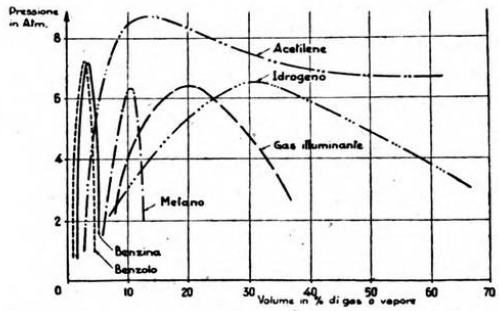


Fig. 4. — Pressioni di esplosione in funzione della percentuale di miscela.

Infatti, misure eseguite su esplosioni di miscele sia di gas illuminante che di metano con l'aria (grisù), e contenute in recipienti di diverso volume — e precisamente tra 1 e 200 dm³ — hanno dato i seguenti valori:

Volume in dm³	Pressione di esplosione in atm.	
	Metano	Gas illuminante
1	6,1	6,5
10	6,4	6,8
100	6,6	7
200	6,6	7

5. — *Propagazione della fiamma.*

a) La velocità di propagazione della fiamma V_f può essere calcolata in base alla velocità di combustione V_c, alla temperatura iniziale T_i, a quella di esplosione T_e, ed alla variazione di volume.

Essa è data da:

$$V_f = V_c \cdot \frac{T_e}{T_i} \cdot \mu \qquad (6)$$

Per una miscela d'aria, con il 32 % in volume di idrogeno, si ha ad esempio:

$$V_c = 2 \text{ m/s} \qquad t_e = 2045 \text{ °C} \qquad \mu = 0{,}86$$

e per $t_i = 20$ °C.

$$V_f = 2 \cdot \frac{2045 + 273}{20^0 + 273} \times 0{,}86 = 13{,}5 \text{ m/s}$$

La durata della fiamma varia con la percentuale di gas contenuta nella miscela, essa in generale aumenta con l'aumentare della percentuale, come fa vedere la fi-

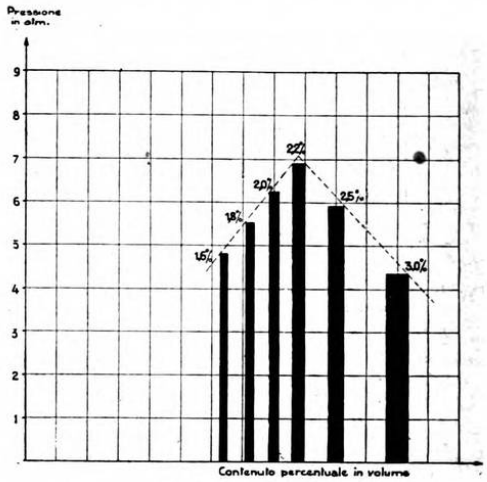


Fig. 5. — Pressione di esplosione per vapori di benzina.

gura 5, per vapori di benzina contenuti nell'aria da 1,6÷3 %. La larghezza delle colonne dà, all'ingrosso, la durata della fiamma, mentre l'altezza indica i valori della pressione di esplosione; essa raggiunge il valore massimo di circa 7 atmosfere per una miscela di 2,2 % di benzina, valore che coincide con l'altro indicato nella fig. 4 per questo gas.

b) Attraversando una fessura la fiamma viene strozzata. Lo strozzamento è funzione della lunghezza di fessura come pure della corrispondente altezza; a parità di lunghezza, l'altezza massima di strozzamento varia con la concentrazione della miscela come fa vedere la fig. 6

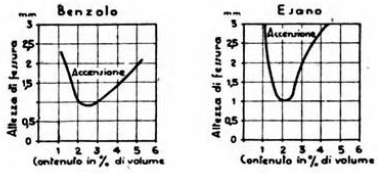


Fig. 6. — Altezze massime di fessure per benzolo ed esano.

per il benzolo e l'esano; le curve sono state tracciate in base a risultati sperimentali ottenuti con miscele contenute in un cilindro in due metà. Sollevando più o meno la parte superiore di esso, si realizza una variazione nell'altezza di fessura la cui lunghezza costante è di 25 mm. All'interno ed all'esterno del cilindro vi è la stessa miscela e, mediante l'esplosione realizzata nell'interno, si è determinata la massima altezza di fessura, cioè a dire quel valore per cui la fiamma non si propaga all'esterno del cilindro.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

6. — *Osservazioni sulla pressione massima e sulle dimensioni della fessura.*

Le pressioni di esplosione che possono verificarsi nelle macchine elettriche rotanti sono praticamente inferiori a quelle massime indicate nella fig. 4, perchè nel caso delle macchine elettriche, l'involucro racchiudente la miscela gassosa — costituito dalla carcassa e dal sopporto a scudo — non risulta ermeticamente chiuso, per il necessario gioco esistente all'uscita dell'albero dai cuscinetti.

Questo gioco può considerarsi come una piccola fessura di determinata sezione producente una leggera caduta di pressione. Essa è funzione della sezione e del volume libero internamente al motore, come fa vedere la fig. 7.

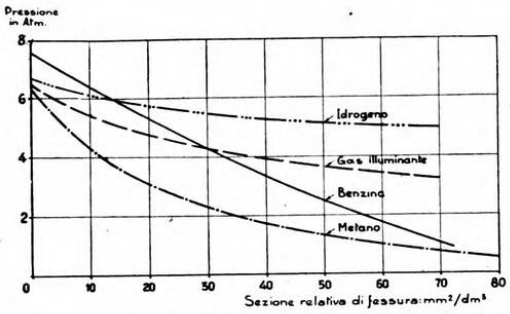


Fig. 7. — Diminuzione della pressione di esplosione in funzione della sezione relativa.

In essa è indicata la pressione massima di esplosione per alcune miscele gassose in funzione della sezione relativa di fessura; per sezione relativa si intende:

$$\frac{\text{Sezione totale della fessura}}{\text{volume libero dell'involucro}} = \frac{\text{mm}^2}{\text{dm}^3}$$

Aumentando la sezione relativa della fessura, diminuisce sensibilmente la pressione massima di esplosione. Ne fa eccezione l'idrogeno, per il quale essa si mantiene quasi costante per i differenti valori di sezione relativa.

Nei motori elettrici si ha mediamente una sezione relativa di circa 5 mm²/dm³, cosicchè, come già si è detto, le pressioni massime dei diagrammi della fig. 4 devono ritenersi in pratica leggermente inferiori.

Risulta anche intuitivo che l'altezza della fessura può essere maggiorata se la lunghezza percorsa dalla fiamma viene aumentata.

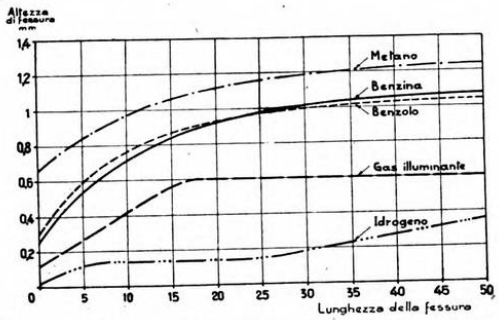


Fig. 8. — Altezza massima di fessura in funzione della sua lunghezza.

Infatti, alcuni risultati di prove eseguite per differenti dimensioni di fessure, riportati nelle curve della fig. 8, ne indicano l'altezza massima in funzione della lunghezza, se si vuole evitare che la fiamma prodotta dall'esplosione si propaghi all'esterno dell'involucro. Da dette curve risulta che il metano (gas delle miniere) è quello che permette una maggiore altezza di fessura; mentre la più piccola deve essere adottata per l'idrogeno.

Per l'acetilene i pareri sui risultati di prova sono discordi; in tutti i modi, per una lunghezza di fessura uguale a 25 mm, l'altezza non dovrebbe essere superiore a 0,1 mm. Le curve indicate in figura ci dicono che oltre i 30 mm di lunghezza l'altezza della fessura si mantiene quasi costante.

III. — COSTRUZIONI ANTIDEFLAGRANTI REALIZZABILI.

L'esperienza dimostra che nei circuiti elettrici possono prodursi scintille capaci di accendere miscele gassose infiammabili. La sola soluzione pratica da adottare quindi pel materiale elettrico antideflagrante, è quella di chiudere tutte le parti sotto tensione, o che possono incidentalmente esserlo, in un involucro ove il manifestarsi di una scintilla elettrica non possa infiammare la miscela gassosa circostante.

Qualsiasi costruzione di macchina od apparecchio deve essere dunque tale da eliminare, o rendere estremamente difficile, il pericolo di esplosione. Questo si raggiunge in differenti modi:

1°) Evitare che l'esplosione avvenuta nell'interno della macchina possa propagarsi all'ambiente.

2°) Evitare al gas detonante di venire a contatto con parti di macchine che abitualmente possono produrre scintille o che possono raggiungere temperature pericolose per il gas.

Per realizzare costruttivamente questi due casi, il « Verband Deutscher Elektrotechniker » (V.D.E.) ha emesso fin dal 1933 delle norme che furono rivedute ed aggiornate nella edizione del 1940. Le Norme « C.E.I. » 1942 si limitano praticamente ad indicare i sistemi costruttivi da adottare per avere la sicurezza contro il grisù; l'apparecchio o la macchina costruiti a questo scopo, devono portare, oltre alle comuni targhe, un contrassegno speciale con le lettere A.G. seguite dall'altra che distingue uno dei sistemi costruttivi adottati.

Seguendo le norme, le varie possibili costruzioni di motori antideflagranti normali sono indicate nella Tab. III, ed i singoli tipi costruttivi vengono illustrati nel proseguimento di queste note.

IV. — COSTRUZIONE ANTIDEFLAGRANTE COMPLETAMENTE CHIUSA A PROVA DI ESPLOSIONE.

Come già si è detto, questo motore è di costruzione completamente chiusa e specialmente robusta per resistere alle pressioni di esplosione. Ogni sua parte è prevista in modo da soddisfare alle prove di esplosione e di « tenuta di fiamma » indicate dalle norme.

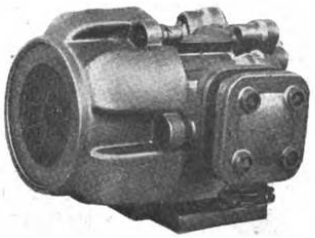


Fig. 9. — Motore asincrono antideflagrante a prova di esplosione, con rotore in cortocircuito e ventilazione esterna, da 1,25 kW a 1500 giri/min.

La fig. 9 rappresenta uno di questi motori della potenza di 1,25 kW, mentre la fig. 10 ne rappresenta un

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA III.

Scopo che la costruzione si prefigge		Realizzazione della costruzione	Potenza kW circa
Evitare che l'esplosione avvenuta nell'interno della macchina, possa propagarsi all'ambiente esterno.	*a*	*Motore di costruzione chiusa, a prova di esplosione.* (Sistema « *a* » delle Norme CEI)	
		Motori asincroni { con rotore in corto circuito	0,25 ÷ 45
		Motori asincroni { con rotore ad anelli di contatto	4 ÷ 59
	b	*Motore di costruzione chiusa*, a prova di esplosione *solamente* quelle parti che abitualmente possono produrre scintille. Viene chiamata « a sicurezza aumentata ». (Sistema « *e* » delle Norme CEI).	
		Motori asincroni { con rotore in corto circuito	0,25 ÷ 500
		Motori asincroni { con rotore ad anelli di contatto	60 ÷ 1000
Evitare che il gas detonante venga a contatto con parti di macchina che normalmente possono produrre scintille.	*a*	*Motore di costruzione chiusa*, con ventilazione separata. Viene chiamata « a *lavaggio interno di aria o gas* ». (Sostema « *d* » delle Norme CEI).	
		Motori asincroni { con rotore in corto circuito	45 ÷ 500
		Motori asincroni { con rotore ad anelli di contatto	45 ÷ 2000
		Motori a collettore con regolazione della velocità	4 ÷ 250
	b	*Costruzione a immersione in olio.* È adatta specialmente per macchine non rotanti ed apparecchi. (Sistema « *c* » delle Norme CEI).	

altro da 15 kW entrambi con rotore in corto circuito. Tutto l'involucro di chiusura, costituito dal complesso carcassa e sopporti a scudo, è costruito di materiale fuso, ad alta resistenza meccanica ed opportunamente nervato; il tutto è unito su imposte speciali a larga superficie accuratamente lavorata e serrato con viti di acciaio speciale non passanti. Come si rileva da entrambe le figure, le teste di dette viti sono a sezione triangolare e trovano posto in altrettante nicchie circolari, così da essere si-

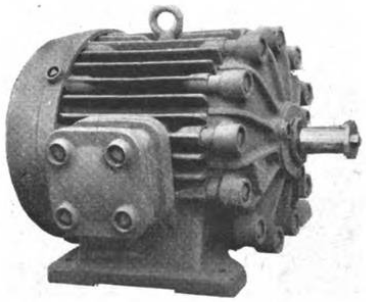


Fig. 10. — Motore asincrono antideflagrante a prova di esplosione, con rotore in corto circuito a ventilazione esterna, da 15 kW a 1500 giri/min.

curi che l'allentamento di esse, possa essere fatto solamente a mezzo di una chiave speciale, il cui unico possessore sarà l'incaricato responsabile del buon funzionamento della macchina.

La fig. 11 rappresenta una sala di pompaggio di liquidi infiammabili ed in essa si scorgono i motori di comando pompe del tipo chiuso a prova di esplosione, precedentemente descritto.

Per la sua stessa natura, questa costruzione chiusa a prova di esplosione, viene ad essere limitata a potenze modeste, perchè conduce a spessori esagerati delle pareti, già per potenze intorno ai 100 kW, come si può facilmente vedere, all'ingrosso, per un motore da 130 kW, a 1000 giri/min schematizzato nella fig. 12.

Adottando per l'involucro un materiale di ghisa acciaiosa ad un carico di lavoro = 200 kg/cm², ed una pressione interna p = 10 kg/cm², per la carcassa del diametro di 600 mm si ha uno spessore:

$$s = \frac{p \cdot r}{K_t} = \frac{10 \times 30}{200} = \frac{300}{200} = 1{,}5 \text{ cm} = 15 \text{ mm}$$

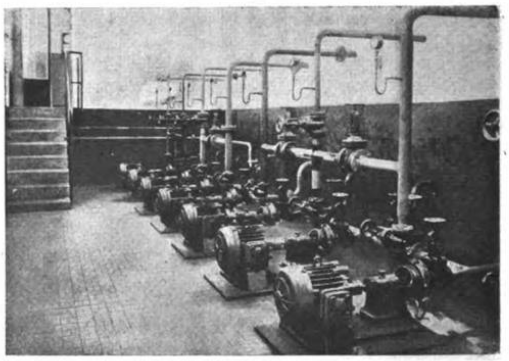


Fig. 11. — Sala di pompaggio liquidi infiammabili con motori del tipo chiuso a prova di esplosione.

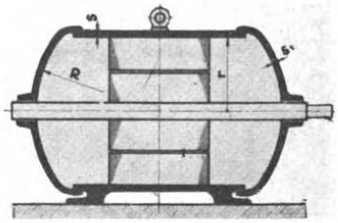


Fig. 12. — Schema costruttivo di un motore antideflagrante a prova di esplosione.

e per i due coperchi sopporto, paragonati ad una calotta sferica di raggio R, si ha uno spessore:

$$s_1 = \frac{p \cdot R}{2 \cdot K_t} = \frac{10 \times 65}{2 \times 200} = \frac{650}{400} = \text{cm } 1{,}63 \cong 17 \text{ mm}$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Spessori che conducono a pesi da non rendere economicamente conveniente questa costruzione.

V. — COSTRUZIONE ANTIDEFLAGRANTE A SICUREZZA AUMENTATA.

Questa costruzione è caratterizzata dal racchiudere in un involucro chiuso a prova di esplosione, corrispondente in tutto ai concetti costruttivi esposti nel capitolo precedente, *solamente* quelle parti della macchina che abitual-

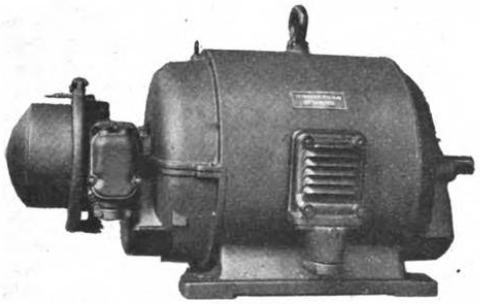


Fig. 13. — Motore asincrono antideflagrante a sicurezza aumentata con rotore ad anelli di contatto, da 170 kW, 3000 V, 1000 giri/min.

mente possono produrre scintille, archi, o raggiungere temperature pericolose. Questa costruzione è specialmente indicata per motori asincroni con anelli di contatto, di media o grande potenza. Infatti, per simili motori, per le ragioni esposte precedentemente, non è nè facile e nè economico realizzare una costruzione completamente chiusa a prova di esplosione, perciò essa viene limitata all'apparato anelli di contatto con le rispettive spazzole.

Le rimanenti parti della macchina possono essere di costruzione protetta contro lo stillicidio e, per macchine di grande potenza, addirittura di costruzione aperta. Ciò non ostante, vengono prese ancora altre precauzioni, come per esempio: maggiorazione del traferro, fissaggio

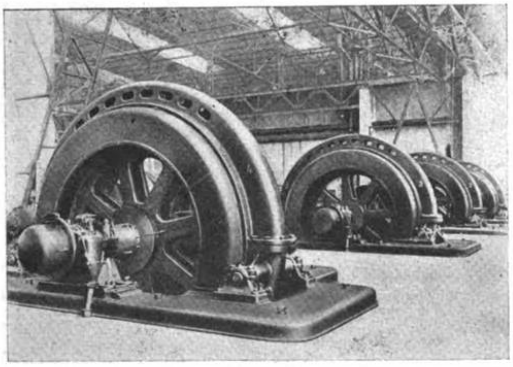


Fig. 14. — Motori asincroni antideflagranti a sicurezza aumentata con rotore ad anelli di contatto, da 450 kW, 5000 V, 105 giri/min.

speciale delle scatole di protezione morsetti, e riduzione di 10 °C della sopraelevazione di temperatura ammessa dalle norme per gli avvolgimenti.

È superfluo aggiungere che per i motori con rotore in corto circuito si rende necessaria solo l'adozione di queste ultime precauzioni.

Le figg. 13 e 14 illustrano la costruzione sopra descritta per motori installati nell'industria chimica dell'azoto. In entrambe è visibile l'involucro che chiude a prova di esplosione gli anelli di contatto e l'apparato delle spazzole continuamente abbassate, predisposti al di fuori del motore e precisamente oltre il sopporto lato opposto comando.

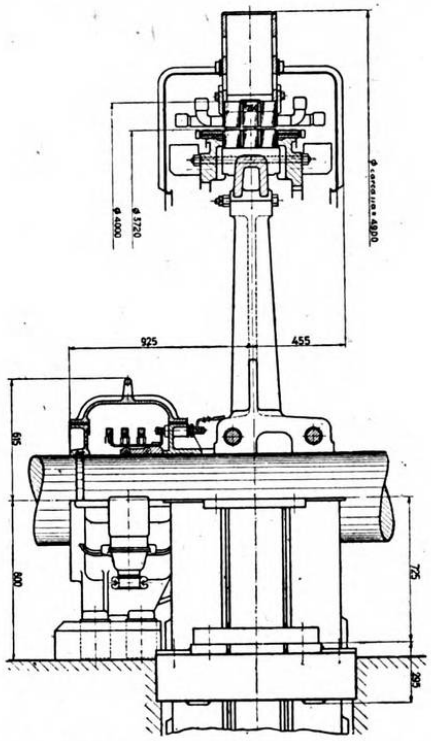


Fig. 15. — Grande motore asincrono antideflagrante a sicurezza aumentata, da 900 kW, 500 V, 125 giri/min.

Si può dire che questa costruzione non ammette limitazioni nelle potenze; però, se le dimensioni della macchina sono di una certa mole, come è il caso di un mo-

Fig. 16. — Involucro racchiudente l'apparato anelli di contatto del motore della fig. 15.

tore di comando compressore a pistone per la fabbricazione dell'azoto, da 900 kW, 5000 V, 125 giri/min, rappresentato nella fig. 15, anche le dimensioni dell'invo-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

lucro racchiudente l'apparato degli anelli di contatto diventano considerevoli come fa vedere la fig. 16, che ne rappresenta il getto.

VI. — MOTORE ANTIDEFLAGRANTE CON LAVAGGIO INTERNO.

Questa costruzione ha per scopo di evitare al gas detonante di venire a contatto con delle parti di macchina, che, per una qualsiasi delle ragioni sopra esposte, possano essere la causa dell'esplosione.

Sotto certi aspetti, questa può sembrare la via da seguire, ed infatti incontra sempre più il favore dei tecnici nel progetto di nuovi impianti con motori non inferiori ai 50 kW circa.

La macchina è di costruzione chiusa con due bocche di ventilazione, di solito praticate nei due sopporti a scudo, alle quali fanno capo i canali di ventilazione.

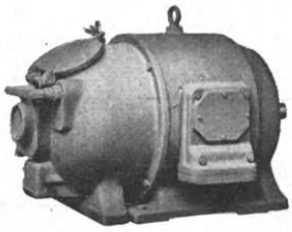


Fig. 17. — Motore trifase asincrono antideflagrante a lavaggio interno da 100 kW, 1000 giri/min.

Questa costruzione antideflagrante a lavaggio interno è rappresentata dalle fig. 17 e 18, rispettivamente per un motore asincrono con rotore avvolto della potenza di 100 kW, 1000 giri/min e per un motore a collettore, velocità regolabile a coppia costante, della potenza di 236÷78 kW, 600÷200 giri/min.

Per i motori a collettore e per le macchine a corrente

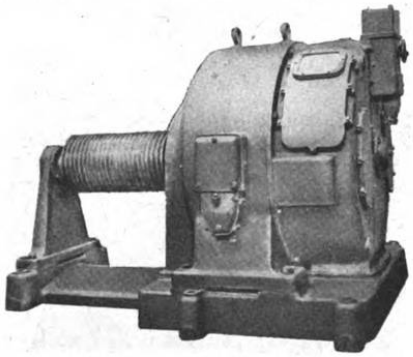


Fig. 18. — Motore trifase a collettore antideflagrante a lavaggio interno, da 236/78 kW, 500 V, 50 Hz, 600÷200 giri/min.

continua, questa costruzione è particolarmente indicata, perchè gli organi che possono normalmente produrre scintille od archi sono parecchi, e tra essi, va annoverato principalmente il commutatore; tutti sono racchiusi in un involucro perfettamente chiuso per rapporto all'esterno. La fig. 18 fa vedere anche, compreso in detto involucro, il motorino di comando dell'apparecchio spostamento spazzole, il cui volantino per manovre a mano, è in tutti i modi comodamente accessibile dall'esterno.

Un ventilatore centrifugo, accoppiato direttamente all'albero di un piccolo motore antideflagrante a prova di esplosione, provvede a rinnovare continuamente all'interno della macchina, l'aria di ventilazione presa all'esterno del locale, e quindi priva di qualsiasi traccia di gas infiammabile. La miscela deflagrante non può penetrare nell'interno della macchina, perchè esso, per effetto del ventilatore centrifugo, viene a trovarsi ad una pressione di circa 40 mm colonna d'acqua superiore a quella ambiente. È necessario però che il motore principale possa essere attaccato alla rete solamente dopo aver messo in marcia il gruppetto motoventilatore, e che venga automaticamente staccato se, per un motivo qualsiasi, il ventilatore cessasse di funzionare; condizioni realizzate con un apposito schema elettrico, di blocco a sicurezza.

La costruzione delle rimanenti parti del motore può essere considerata normale, poichè nessuna penetrazione di gas è possibile nel suo interno.

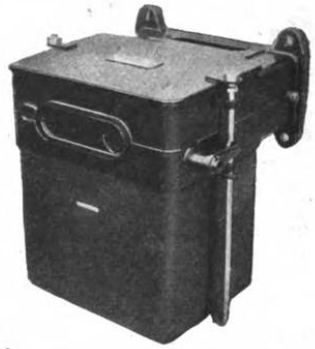


Fig. 19. — Cassetta di manovra da 65 A, 500 V, con contatti sott'olio.

VII. — COSTRUZIONE ANTIDEFLAGRANTE A IMMERSIONE IN OLIO.

Lo scopo che questa costruzione si prefigge è lo stesso di quello già descritto al capitolo precedente, e per quanto la realizzazione costruttiva non si addica alle macchine rotanti, se ne parla in queste note solamente per completezza di esposizione. L'esperienza ha dimostrato che, immergendo nell'olio le parti di un circuito elettrico producenti normalmente scintille (generalmente contatti dell'apparecchiatura), queste non infiammano la miscela gassosa circostante, alla condizione però, che la profondità d'immersione sia proporzionata alla potenza elettrica messa in giuoco.

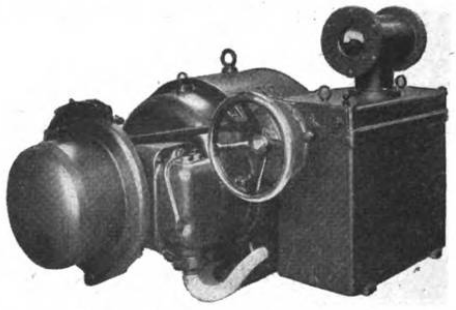


Fig. 20. — Motore asincrono trifase antideflagrante a sicurezza aumentata con addossati reostato d'avviamento ed interruttore, entrambi con contatti sott'olio.

Per la sua stessa natura, questa costruzione antideflagrante è adatta per macchine non rotanti ed in modo speciale per l'apparecchiatura. Consiste nell'immergere, in un bagno d'olio minerale per trasformatori, tutti i

Biblioteca nazionale centrale di Roma

contatti che normalmente producono scintille, per almeno 10 mm dal pelo libero dell'olio.

La fig. 19 rappresenta una cassetta di manovra per bassa tensione, fino a 65 A, con contatti sott'olio; mentre la fig. 20 fa vedere il complesso motore antideflagrante a sicurezza aumentata da 100 kW, 1500 giri/min, con reostato di avviamento addossato. Nella parte superiore dello stesso reostato trova posto l'interruttore di linea; il tutto è congegnato in modo che, manovrando l'unico volantino, si chiude gradatamente l'interruttore statorico, si disinseriscono le resistenze rotoriche ed infine, ad avviamento avvenuto, si effettua il corto circuito dell'avvolgimento rotorico con conseguente sollevamento delle spazzole dagli anelli di contatto. Il reostato di avviamento e l'interruttore statorico hanno i contatti metallici immersi in bagno d'olio.

Inoltre, le connessioni tra motore e reostato sono cortissime e tutte rivestite da una guaina metallica per proteggerle da eventuali deterioramenti meccanici.

VIII. — VERIFICHE E PROVE.

Le macchine di costruzione antideflagrante a prova di esplosione, come già si è detto, hanno l'involucro di fusione; si rende quindi necessaria una verifica preliminare soprattutto per mettere in evidenza soffiature od altre deficienze di fusione della carcassa e dei due coperchi a scudo. Questa verifica viene fatta immettendo nell'interno del motore dell'aria compressa, facendone salire gradatamente la pressione fino ad un determinato valore.

La prova definitiva del motore dovrebbe essere fatta con la stessa miscela gassosa nella quale la macchina è destinata a lavorare. Questa prova è di difficile attuazione, in generale ci si limita alla verifica dei getti, nel modo detto precedentemente.

IX. — CONCLUSIONE.

In queste note si sono esaminati i vari tipi di motori antideflagranti che allo stato attuale vengono generalmente fabbricati e, dalla esposizione fattane, per quanto riguarda la scelta si può concludere:

1°) Per piccole potenze, è adatto il motore antideflagrante a prova di esplosione (figg. 9 e 10), preferibilmente con rotore in corto circuito.

2°) Per medie e grandi potenze, è adatto il motore antideflagrante a lavaggio interno (figg. 17 e 18), sia con rotore in corto circuito che con rotore ad anelli di contatto.

BIBLIOGRAFIA

O. MÜLLER - HILLEBRAND: *Grundlagen der Errichtung elektrischer Anlangen in esplosionsgefährdeten Betrieben.*

D. MÜLLER - HILLEBRAND: *Explosionsvorgänge als Grundlage für die Bemessung druchfester Kapselungen von elektrischen Geräte und Motoren*, « E.T.Z. », 1938.

H. MASKOW: « Siemens Zeitschrift », 1939.

A. H. NUCHOLLS: *Inspection and Test of Esplosion Proof Motors*, « Electrical Engineering », 1936.

Les Moteurs antideflagrants et leurs essais, « Revue B.B.C. », 1925.

I. A. EWING: *Termodinamica tecnica.*

H. VON PETERSDORFF: *Maschinen, Trasformatoren und Geräte für explosionsgefährdeten Räume*, « E.T.Z. », 1938.

L'ELETTROTECNICA è la sola rivista tecnica il cui abbonamento sia pagato posticipatamente attraverso i versamenti delle Sezioni, sempre ritardati perchè alcuni Soci non versano con puntualità la loro quota.

LETTERE ALLA REDAZIONE

A proposito di unificazione delle tensioni.

L'Ing. Emilio Sordelli, del quale pubblicammo già a questo riguardo una « L.a.R. » nel fascicolo del 25 novembre 1944, ci scrive nuovamente prendendo lo spunto dalla lettera dell'Ing. Noverino Faletti, pubblicata sul fascicolo di dicembre 1944 e più precisamente dalla Tabella II contenuta in detta lettera. Riportiamo testualmente alcuni brani della lettera:

« Secondo tale tabella la tensione più diffusa sarebbe « la 220 V (47 % del totale), anzichè praticamente quella « di 260 V.

« Siccome nella citata tabella non si fa menzione della « frequenza, l'indicazione potrebbe ingenerare qualche er- « rata interpretazione, facendo supporre che il 47 % del « numero di abitanti del Regno, sia servito da una distri- « buzione a 220 V, 50 Hz, per energia industriale, men- « tre invece si deve ritenere che nella percentuale in que- « stione siano comprese tanto la tensione a 220 V, 50 Hz, « quanto quella a 220 V, 42 Hz. Ripeto che questa ul- « tima, più diffusa di quella a 220 V, 50 Hz, va conside- « rata, agli effetti di una unificazione delle reti industriali, « quale 260 V, 50 Hz ».

L'Ing. Sordelli insiste poi nuovamente sulla importanza di una sollecita unificazione delle tensioni anche nei riguardi delle facilitazioni che ne verrebbero per la fabbricazione in serie degli apparecchi elettrodomestici dei quali auspica una maggiore diffusione.

Siccome poi nella Sua lettera l'Ing. Sordelli accenna alla voce, già anche da noi raccolta (vedi *L'Elettrotecnica*, 1945, pag. 78) che nell'Italia Centrale si pensi a mantenere ancora stabilmente la frequenza di 45 p/s, siamo lieti di comunicare che da informazioni assunte ci risulta che tale voce non corrisponde a verità e che la unificazione verrà eseguita a 50 p/s.

Siamo spiacenti che la necessaria economia di spazio non ci consenta di pubblicare per esteso la seconda lettera dell'Ing. Sordelli.

NOTIZIE E INFORMAZIONI

BANDO DI CONCORSO. — È indetto pubblico concorso per titoli per il posto di *Direttore dell'Ente Autonomo Volturno.*

Per l'ammissione al concorso è richiesta la laurea di ingegnere rilasciata da una R. Università o da un Politecnico, nonchè titoli che dimostrino che l'aspirante ha diretto o collaborato nella direzione, o ha coperto posti direttivi, in azienda industriale, di produzione e distribuzione di energia elettrica, di adeguata importanza.

La Commissione esaminatrice formerà una graduatoria in ordine di merito. Il Consiglio di Amministrazione dell'Ente procederà alla nomina del primo della graduatoria, salvo peraltro la facoltà di non procedere ad alcuna nomina.

La nomina è fatta per tre anni a titolo di esperimento.

Il Direttore nominato, prima di assumere l'ufficio avrà l'obbligo di depositar a titolo di cauzione la somma di lire cinquantamila (50.000,—).

Al posto ammesso a concorso è attribuito lo stipendio mensile di lire 5.000,—, più indennità di carica di L. 1.500,— (al netto di R. M.), il tutto oltre gli aumenti di legge ed indennità varie di contingenza, carovita ecc. (competenze globali mensili circa L. 19.500,— oltre assegni familiari).

Il termine per la presentazione dei documenti scade il 10 *ottobre* 1945, cioè dopo 60 giorni dalla **pubblicazione** del

Biblioteca nazionale centrale di Roma

2° avviso del bando nella *Gazzetta Ufficiale del Regno* n. 64, parte 2ª, in data 11-8-1945.

Gli aspiranti potranno ottenere presso la Segreteria dell'Ente (Napoli, Via Cisterna dell'Olio n. 44) tutti i chiarimenti opportuni e prendere visione dei Regolamenti di cui innanzi, le cui disposizioni s'intendono accettate dai concorrenti per il solo fatto di prendere parte al concorso.

* *

L'Istituto Radiotecnico di Milano, Via Circo, 4, che in causa della dominazione tedesca aveva dovuto interrompere ogni attività radiotecnica, riaprirà tutti i suoi corsi, diurni e serali, lunedì 15 ottobre.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

R. DURRER: *Trattamento siderurgico dei minerali di ferro con particolare riferimento ai processi indipendenti dall'alto forno a coke.* (Milano, U. Hoepli, 1944 - Un volume di 17,5×25 cm, di 234 pagine con 34 fig. - Prezzo L. 50).

Questo libro del noto specialista tedesco, che appare nella traduzione italiana a cura degli ingg. Carli e Repetti, considera un aspetto meno noto della siderurgia, e cioè quello del trattamento per via diversa da quella più universalmente diffusa, cioè all'alto forno. Questo ultimo processo è volutamente lasciato in disparte come meritevole di una trattazione a sè stante; qui invece l'A. ha illustrato gli altri procedimenti e, non sono pochi, introdotti, con più o meno successo nella tecnica.

Va subito osservato che se questi possono considerarsi come secondari nel vasto campo della siderurgia mondiale dove prevale di gran lunga l'alto forno, pure alcuni di essi presentano un grande interesse tecnico e alcuni hanno assunto, in certi Paesi come in Italia, una importanza notevolissima: valga l'esempio della produzione dell'acciaio al forno elettrico.

L'interesse precipuo di tali procedimenti consiste nel fatto che essi, in generale, tendono a ridurre al minimo il consumo di coke metallurgico od anche comunque di combustibile. Essi sono quindi meritevoli di ogni attenzione specialmente in quei Paesi che, come il nostro, sono disgraziatamente poveri di queste preziose materie prime.

L'opera è scritta con carattere essenzialmente informativo e pratico senza sviluppi teorici o discussioni scientifiche, arricchita invece di dati di fatto e di riferimenti bibliografici.

Essa si apre con un capitolo di Considerazioni generali che danno notizie di ordine statistico e ricordano le reazioni che avvengono nella riduzione dei minerali di ferro, con qualche cenno al comune alto forno a coke.

Un secondo capitolo, entrando nel vivo dell'argomento, tratta della produzione diretta dell'acciaio distinguendo i processi che portano ad acciaio fuso (distinguendo quelli basati sull'uso di ghisa e minerale o di minerale e carbone) da quelli che danno luogo a produzione di ferro pastoso (processo Reun-Krupp a forno rotativo) o a spugna di ferro usando come mezzo di riduzione carbone o gas.

Un terzo capitolo è dedicato a richiamare il funzionamento dell'alto forno soffiato per quel tanto che è necessario per il chiaro intendimento delle successive trattazioni; in modo particolare e alquanto più ampiamente è trattato l'alto forno a carbone di legna.

Il quarto capitolo, il più vasto del libro, riguarda la Riduzione dei minerali al forno elettrico. L'importante argomento è trattato prima in modo generale riguardo all'economia dell'energia e all'aspetto metallurgico. Segue poi la illustrazione di tre procedimenti tipici: l'alto forno elettrico, i forni a basso tino, il forno Siemens per la fabbricazione della ghisa elettrica.

Un quinto capitolo tratta brevemente dei diversi procedimenti che si basano sull'uso di forni rotativi.

Il sesto e ultimo capitolo considera invece i procedimenti con aria arricchita di ossigeno esponendo considerazioni generali di principio e riportando dati e risultati relativi alle esperienze compiute specialmente in Germania e in Russia.

Il volume è corredato da un'ampia bibliografia e da un utile indice analitico. Esso merita di essere segnalato all'attenta considerazione dei tecnici italiani.

*

P. CARLSON — *La Fisica di Carlson.* Editore Hoepli - Milano, 1944. Un volume di cm 12,5 × 19, pag. 476; XXV tavole fuori testo, 5ª edizione.

Questa quinta edizione presenta non grandi varianti rispetto alle precedenti. Vi sono alcuni aggiornamenti dovuti all'incessante progresso della scienza. È un'opera indirizzata a chi, possedendo una certa preparazione tecnica, voglia aggiornare la propria conoscenza della fisica senza addentrarsi in uno studio che altrimenti potrebbe diventare irto di difficoltà.

È un libro che si legge molto volontieri per la sua facilità di espressione, facilità che non pecca mai di inesattezza e non profana mai la scienza.

*

U. CISOTTI — *Meccanica razionale.* (Milano - Libreria Editrice Politecnica C. Tamburini, 1945. Un volume di 18 × 25 cm, di 483 pagine con 231 figure. Prezzo L. 200).

Il libro, che raccoglie sostanzialmente le lezioni tenute da molti anni dall'egregio A. al Politecnico di Milano, si presenta ora nella sua quinta edizione. Il susseguirsi rapido delle edizioni (3 a partire dal 1939) attesta nel modo più efficace il favore incontrato dall'opera specialmente negli ambienti universitari.

La materia è trattata con rigore scientifico e modernità di vedute che fanno del libro un'opera degna di alta considerazione e non puramente scolastica. La forma dell'esposizione è precisa e chiara facilitando, per quanto possibile, anche al principiante dotato di sufficiente cultura, l'apprensione della materia.

Nella trattazione della meccanica dei sistemi continui l'A. introduce decisamente i tensori ai quali dedica prima un largo capitolo speciale in modo da introdurre il lettore alla conoscenza di questo nuovo strumento matematico.

Il volume si apre con un capitolo sui vettori al quale seguono due capitoli sulla cinematica del punto e dei moti rigidi. Seguono due capitoli sui principi meccanici e sui centri di massa e momenti di inerzia. I due capitoli seguenti sono dedicati alla statica del punto materiale e dei sistemi rigidi e a quella dei sistemi articolati.

Si passa poi alla dinamica con 3 capitoli sulla dinamica dal punto materiale, le equazioni cardinali della dinamica e la dinamica dei sistemi rigidi.

Dopo la premessa del capitolo sui tensori, viene un capitolo sulla meccanica dei sistemi continui al quale ne seguono una sull'idrostatica e uno sulla dinamica dei fluidi non viscosi. Il volume si chiude con un capitolo sulla meccanica dei solidi elastici.

Un pregio del libro, specialmente dal punto di vista didattico, è costituito anche dalla raccolta di esercizi proposti alla fine di ogni capitolo.

Il volume è corredato anche da un dettagliato indice analitico.

*

HARLAN TRUE STETSON: *Terra e Radio nel Cosmo.* (Casa Editrice Mondadori, Milano, 1944 - Un vol. di cm 12×19, di 268 pagine con 71 figure di cui 9 fuori testo - Prezzo L. 100).

Il volume dello Stetson ha incontrato tanto favore da indurre la casa Mondadori, alla fine del 1944, a curarne questa III edizione.

Tra i molti libri di divulgazione scientifica questo merita di essere segnalato. È una messa a punto sulle nozioni che si hanno oggi del pianeta sul quale viviamo in rapporto all'ambiente cosmico. Le notizie che sono esposte nel volume vengono attinte dai più vari campi. Vi sono nozioni di astro-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nomia, fisica stellare e terrestre, atomica, elettrofisica, biologica, ecc.

L'A. si propone infatti di studiare quali siano e siano stati gli effetti dell'ambiente cosmico sulla vita della Terra, e cerca appunto quali siano le relazioni tra Terra e fenomeni cosmici.

L'A. dice: « Nel più largo significato noi ci occupiamo di problemi di fisica terrestre, studiando questo campo in ogni rapporto che la Terra ha con la scienza. Si tratta di problemi che interessano tanto il geologo, quanto il fisico, il meteorologo, l'ingegnere radiotecnico e l'astronomo; e, forse meno direttamente, anche il biologo e l'economista... ».

Un particolare rilievo è dato all'apporto della radio alla investigazione dello stato elettrico dell'atmosfera ed ai legami tra trasmissioni radio e i vari fenomeni di origine cosmica.

*

E. STRASBURGER: *Un botanico racconta.* (Milano, Edit. Gentile, 1944 - Un volume di 12×20 cm, di 225 pagine con 12 tavole fuori testo. - Prezzo L. 38).

Ecco un libro che, se pure non ha attinenza direttamente con l'elettrotecnica, può vivamente interessare e dilettare ogni persona colta che non voglia circoscrivere e costringere entro confini troppo rigidi il proprio mondo intellettuale e culturale.

Lo Strasburger, uno dei maggiori botanici tedeschi, fu un grande amico del nostro Paese che egli amava assai e dove soggiornò più volte, prediligendo la Riviera.

In questo volume l'A. raccoglie appunto una serie di impressioni derivate dal suo soggiorno sulla riviera ligure che egli vede e descrive, oltrechè con l'animo del turista appassionato, anche e specialmente, come è naturale, coll'occhio del botanico di professione.

La smagliante flora della Riviera è rievocata allo spirito del lettore in una serie di quadri tracciati con maestria e dove l'arte dello scrittore si fonde armoniosamente con la vasta e molteplice cultura dello scienziato.

Nulla di pedante o di monotono; al contrario un susseguirsi rapido di visioni estetiche che si alternano a richiami scientifici, di pennellate di colore a cui si intermezzano notizie storiche e spunti di varia cultura.

Il tutto scritto con uno stile facile ed agile che invoglia il lettore a proseguire di pagina in pagina, di capitolo in capitolo.

Al testo fanno ottimo commento le belle 12 tavole fuori testo che riproducono aspetti caratteristici della flora della Riviera.

Il volume, che offre una lettura sostanziosa e dilettevole insieme, costituisce il N. 2 della raccolta « Scienza senza gergo » iniziata dall'Editore Gentile; del primo volume « Le grandi invenzioni » del compianto prof. F. Taiani abbiamo altra volta dato notizia. La raccolta si apre così in modo veramente promettente.

*

M. STELLA — *Elementi di calcolo logaritmico.* (Milano, 1945 - U. Hoepli - Un volume di 12×19 cm, di 54 pagine, con 3 fig. - Prezzo L. 20).

In questo volumetto l'A. si propone di guidare il lettore a impratichirsi nell'uso delle tavole dei logaritmi. Dopo una breve parte introduttiva vengono svolti parecchi esempi numerici indicando passo passo il procedimento da seguire per la risoluzione mediante i logaritmi.

Il volumetto raggiunge efficacemente lo scopo voluto.

*

E. ARDEMANI: *Costi e risultati di esercizio nelle grandi imprese meccaniche a produzione varia.* (Milano, Soc. Ed. Vita e Pensiero, 1944. - Un volume di 165 pagine - Prezzo L. 50).

In questo volume l'A. traccia le grandi linee del complesso di rilievi contabili e statistici che di solito si effettuano per la contabilità delle grandi officine meccaniche a produzione varia. L'argomento è fondamentale per quella importantissima funzione amministrativa che è diretta a determinare i costi di produzione e i risultati di esercizio.

Sebbene l'A. rivolga la sua attenzione a un tipo particolare d'azienda che presenta caratteristiche proprie di gestione e di organizzazione, pure gran parte delle considerazioni, delle notizie, e dei procedimenti che nel corso del volume si vanno esponendo ed illustrando presentano un interesse generale e sono adattabili ad altri tipi di aziende non escluse quelle elettromeccaniche.

L'analisi che viene svolta è minuta e accurata, informata da spirito pratico e realizzatore. L'A. espone in modo chiaro i procedimenti da seguire, i fattori di tenere presenti, le grandezze e le quantità da rilevare, presentando anche numerosi modelli di schede, di moduli, ecc. Il libro riesce così una guida veramente utile e pratica per chi deva interessarsi di simili questioni che uniscono al carattere contabile anche necessariamente un aspetto tecnico.

Il volume comprende 4 capitoli. Nel primo è considerata in modo generale la gestione e la organizzazione dell'impresa sia nella sede centrale sia nelle sezioni periferiche.

Il secondo capitolo riguarda la contabilità dei materiali e della mano d'opera e la determinazione dei costi di quest'ultima, anche con qualche esempio numerico.

Il terzo capitolo affronta la questione della determinazione dei costi prima dal punto di vista generale, poi con applicazioni particolari alle forge, alle officine, alle fonderie, ecc.

L'ultimo capitolo è dedicato alla contabilità generale. Sono illustrati diversi metodi tipici: contabilità generale staccata da quella industriale, contabilità industriale inserita in quella generale, contabilità generale parallela a quella industriale, ecc. presentando per ciascuno di essi uno schema di funzionamento riferentesi a casi particolari numerici.

Il volume è presentato nella solita veste sobria ed elegante delle pubblicazioni dell'Università Cattolica del Sacro Cuore, delle quali esso costituisce il vol. IV - Nuova Serie.

DALLE RIVISTE

W. Lippe — **Carica automatica delle batterie di segnalazione o per illuminazione di soccorso.** (A.E.G. Mitt., 1944, N. 1-6, pag. 13 a 17, con 2 fig.).

Batterie di questo tipo devono possibilmente costare poco, occupare poco posto e richiedere poca manutenzione e pur tuttavia si deve avere la sicurezza che in qualunque momento sia disponibile almeno l'85 % della capacità della batteria e l'impianto deve essere, entro larghi margini indipendente dalla tensione alternata di alimentazione, dal carico nella rete di utilizzazione e dalla solerzia del personale ad esso adibito.

Il sistema più semplice e più antico è quello di avere due batterie, una in servizio e una sotto carica; il sistema è costoso, richiede molto spazio e apparecchi di rilevante potenza per la carica, e porta notevoli spese di sorveglianza e manutenzione. Una semplificazione si ottiene usando una sola batteria con un dispositivo che inserisce o disinserisce un certo numero di elementi secondo la tensione della batteria stessa; il sistema richiede una sorgente di corrente regolabile, e una buona sorveglianza per impedire che gli elementi mobili vengano sfruttati troppo rapidamente.

La cosiddetta carica lenta è un sistema di carica in cui la batteria e la sorgente di corrente sono perennemente collegate all'utente. Le punte brevi di carico vengono sopportate dalla batteria mentre alle erogazioni medie di energia e alla ricarica continua della batteria provvede la sorgente di corrente continua. Questo sistema si è molto diffuso negli ultimi anni.

Per la carica lenta automatica si presentano possibili vari dispositivi; ma in pratica si usano largamente raddrizzatori con relè indipendenti dalla tensione in unione con relè di controllo di corrente per la carica automatica rapida o lenta; il dispositivo ha il vantaggio di essere

Biblioteca nazionale centrale di Roma

quasi indipendente dalle oscillazioni di tensione sulla rete a corrente alternata perchè il regime di carica viene stabilito dal relè direttamente in funzione della tensione di esercizio della batteria.

Si asserisce spesso che un elemento al piombo deve essere caricato fino a 2,7 V per raggiungere la capacità totale. In realtà un elemento può essere completamente caricato anche, per esempio, a 2,5 V; la tensione di carica alla fine di questa è tanto più bassa quanto minore è in quel momento la corrente di carica. Per la carica completa di una batteria non è necessaria una certa densità di corrente, ma una certa quantità di corrente; naturalmente la carica con piccole intensità di corrente richiede più tempo.

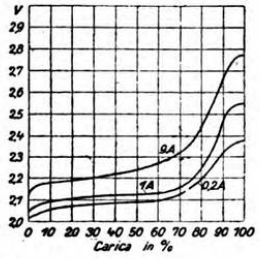


Fig. 1. — Tensione di un elemento (*AFA - L1*) per carica con 9, oppure 2, oppure 0,2 A.

Dalla fig. 1 si può vedere che la tensione finale di 2,7 V si raggiunge soltanto con una intensità di corrente di carica che è circa eguale alla corrente di scarica in 3 ore. La diminuzione della corrente di carica trova naturalmente dei limiti nella corrente di scarica spontanea la quale può essere diversa da una batteria all'altra e deve essere determinata e sorvegliata; come valore approssimativo si può ritenere che la corrente spontanea di scarica sia circa il 0,2 % della corrente di scarica in 3 ore. Come si vede dalla fig. 1 si possono usare per la carica anche correnti di valore molto basso.

L'A. si diffonde a descrivere in particolare una disposizione di carica automatica mediante raddrizzatore, che presenta particolari vantaggi.

Con tale schema il raddrizzatore resta continuamente connesso colla batteria e, se tutto è ben proporzionato, il valor medio della tensione di ogni elemento oscilla intorno a 2,2 V. È così possibile ridurre le dimensioni della batteria; ad esempio, per una tensione continua di 220 V bastano 106 elementi invece di 120, e per 110 V ne bastano 53 invece di 60. Inoltre perchè la compensazione delle diminuzioni di carica prodotte da punte di carico avviene subito volta per volta, anche il raddrizzatore può essere di potenza minore di quello che occorrerebbe per la ricarica normale. Non c'è bisogno di commutatore di elementi e della apparecchiatura inerente cosicchè l'impianto riesce più economico. Le spese di sorveglianza e manutenzione sono pure minori.

La tensione massima di un elemento non può, con lo schema suddetto, superare 2,35 V e quindi lo sviluppo di gas si riduce al minimo; ne segue una migliore conservazione delle piastre e della batteria; resta evitato il pericolo anche della solfatazione.

Per adottare tale schema bisogna che il carico duraturo non subisca grandi e saltuarie oscillazioni; in generale si possono tollerare variazioni che, nel giro di 24 a 48 ore ammettano un determinato valore medio. Lo schema non si presta per la carica di batterie per telefoni.

La fig. 2 rappresenta lo schema del circuito, normalizzato per una batteria da 106 elementi, e 20 A.

Esso comprende un raddrizzatore per la conversione della corrente alternata, al quale sono costruttivamente connessi, su una stessa incastellatura, tutti gli apparecchi inerenti, compresi i relè. La regolazione della corrente di carica avviene per mezzo di resistenze in 3 gradini: carica rapida, carica lenta, mantenimento della carica. Per forti carichi la corrente viene regolata al raddrizzatore mediante bobine anodiche.

Nella fig. 2 gli interruttori *Ws* e *Gs* sono rappresentati in posizione aperta e per conseguenza anche il dispositivo di sicurezza *LF* è aperto. La bobina del relè di tensione è alimentata alla tensione della batteria e attrae il nucleo quando la tensione arriva a 2,35 V e lo lascia cadere quando essa scende a 2,1 V per elemento; in figura è rappresentata nella posizione di nucleo non attratto, il che significa che siamo nel caso di una batteria la quale, per un carico improvviso, ha perduto tensione fino a 2,15 V per elemento.

Per mezzo di un contatto mobile viene stabilito un collegamento fra i tasti 1 e 2 e così viene messa in tensione la bobina del dispositivo *LF*; essa attrae il nucleo, chiude il circuito della carica rapida e la corrente che si stabilisce nella resistenza *Wi ST* carica la batteria fino a che si raggiunge il limite di 2,35 V per elemento. A questo punto la bobina del relè di tensione attrae il nucleo, interrompe il collegamento colla bobina di *LF* producendo l'interruzione del circuito di carica rapida. La corrente può fluire d'ora in avanti nella resistenza *Vi* (*D*) di carica lenta.

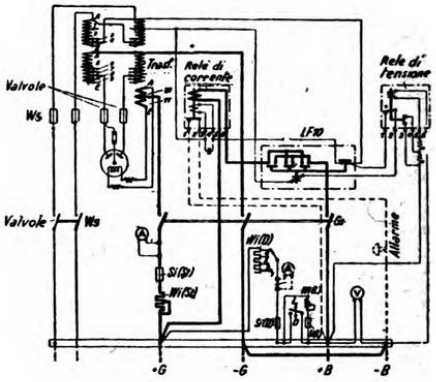


Fig. 2. — Schema del dispositivo per carica rapida o lenta.

In questo circuito si trova un interruttore il quale, in posizione chiusa mette in corto circuito un'altra resistenza *Wi L* destinata al mantenimento della carica della batteria. Se l'interruttore è aperto la corrente deve fluire anche attraverso questa resistenza e così si riduce al piccolo valore necessario per mantenere la carica della batteria.

Il relè di corrente provoca una segnalazione ottica e acustica quando la corrente della batteria diminuisce. Esso ha due avvolgimenti; quello segnato grosso in figura è percorso dalla corrente e quello segnato sottile è alimentato dalla tensione attraverso contatti ausiliari di *LF*; questo secondo avvolgimento ha lo scopo di assicurare il funzionamento del relè anche per le piccole correnti di mantenimento della carica, poichè non è facile costruire un relè di corrente che funzioni in modo sicuro tanto con 20 A come con 20 mA.

Il relè di corrente previene anche il pericolo che la batteria, per un difetto nei circuiti, possa scaricarsi senza che il personale se ne accorga.

Un vantaggio del dispositivo descritto è anche quello che i relè sono alimentati direttamente dalla tensione della batteria e sono perciò praticamente indipendenti dalla tensione alternata della rete. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

Ancora sul Referendum

A scrutinio chiuso pervennero all'Ufficio Centrale 89 schede della Sezione di Napoli di cui 10 risultarono nulle perchè di Soci *juniores* o perchè con firma (sul talloncino) illeggibile. Delle 79 schede valide, nei riguardi del 1° *referendum*, 3 risultarono nulle, tutte le altre affermative. E per la riconferma della Presidenza Semenza si ebbero 72 voti favorevoli e 7 dispersi. Questi risultati non possono avere, naturalmente, valore ufficiale, ma danno ancora maggior rilievo al valore morale della votazione.

VERBALE DEL CONSIGLIO GENERALE

Milano - 10 Settembre 1945

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Verbale della seduta precedente.
2. - Relazione della Presidenza sul referendum e provvedimenti conseguenti.
3. - Provvedimenti per il bilancio sociale e modificazione quote dei soci effettivi, vitalizi, perpetui e sostenitori.
4. - Procedura per le modificazioni dello Statuto sociale.
5. - Convocazione dell'Assemblea generale dei Soci e o.d.g. relativo.
6. - Sistemazione della sede dell'Ufficio Centrale.
7. - Ripresa delle pubblicazioni non periodiche (Annuario, Repertorio, Statistica, ecc.).
8. - Premi sociali.
9. - Comitato Elettrotecnico Italiano.
10. - Riunioni annuali.

La seduta si apre alle ore 10.

Sono presenti il Presidente Generale *Semenza*; l'ex Presidente Generale *Emanueli*; il Segretario Generale *Barbagelata*; il Vice Segretario Generale *Correggiari*; il Tesoriere Generale *Rigatti*; il Segretario della Presidenza *Malusardi*; il Vice Direttore *Redaelli*; il Redattore Capo de «L'Elettrotecnica» *San Nicolò*. I Consiglieri Delegati per le Sezioni:

Bologna: *Bertazzoni, Righi.*
Genova: *Frediani* (in rappresentanza del Presidente *Bonaria*).
Milano: *Faletti*, Presidente; *Barassi, Bauchiero, Calì, Colonnesi, De Martini, Facconi, Fratta, Gulinello, Novelli, Pramaggiore, Parrini.*
Torino: *Brunetti* (in rappresentanza del Presidente *Lombardi* e del Consocio *Bordiga*).

Hanno scusato la loro assenza gli ex Presidenti Generali *Ferraris* e *Del Buono;* i Presidenti di Sezione *Bonaria* (Genova), *Savagnone* (Palermo), *Cerillo* (Pugliese), *Rebecchini* (Roma), *Lombardi* (Torino), ed i Consiglieri Delegati: *Patanè, Serrato, Bezzi, Franzi, Agosti, Celentani Ungaro.*

Apre la seduta il Presidente Generale *Semenza* e rivolge un cordiale saluto a tutti gli intervenuti ed un saluto speciale al Consigliere *Colonnesi*, recentemente e felicemente rientrato da un lungo periodo di deportazione in Germania. (Vivi applausi. - *Colonnesi* ringrazia).

1. - VERBALE DELLA SEDUTA PRECEDENTE.

Ad invito del Presidente, il Segretario Generale legge il verbale della seduta del 3 maggio 1945 (già pubblicato su «L'Elettrotecnica» del marzo 1945) che viene approvato all'unanimità.

2. - RELAZIONE SUL REFERENDUM E PROVVEDIMENTI CONSEGUENTI.

Il *Presidente* ricorda, a chiarimento di quanto già detto nel verbale approvato, come subito dopo il 25 luglio 1943 egli proponesse ai tre Vice Presidenti (Focaccia, Marin e Cenzato) ottenendone pieno consenso, di dare le dimissioni dalla carica a cui erano stati chiamati da una autorità che più non esisteva. I successivi eventi del settembre impedirono di attuare il proposito e la Presidenza dovette rimanere in carica, per assicurare la continuità dell'A.E.I. gravemente compromessa dal forzato distacco delle Sezioni del Sud, e dal rapido aumento delle spese. Nel Consiglio del 3 maggio 1945 (di cui si è approvato il verbale), e nella successiva assemblea dei Soci, risultata più numerosa di quanto si aspettasse, la Presidenza poneva in atto il proposito di dimettersi e proponeva di indire due *referendum*: per il ritorno allo spirito dell'antico Statuto, e, conseguentemente, per la nomina di una nuova Presidenza, avvertendo che a guadagno di tempo ed a risparmio di spesa i due *referendum* sarebbero stati probabilmente abbinati. Ottenuta l'approvazione unanime del Consiglio e dell'Assemblea, l'Ufficio Centrale procedette subito all'organizzazione del *referendum* abbinato, dato che anche in passato si erano sovente abbinate alle elezioni generali, votazioni per parziali modifiche dello Statuto. Venuto a conoscenza che un gruppo di Soci aveva lanciato la proposta di riconfermare la Presidenza dimissionaria, il Presidente espresse ai promotori le sue riserve giustificate dal fatto che tanto il vecchio quanto il nuovo Statuto escludevano la rielezione immediata, per un nuovo triennio, di una Presidenza. Ad ogni modo il Presidente si è riservato di prendere definitive decisioni dopo conosciute le risultanze dei due *referendum*. Il Presidente prega quindi il Segretario di comunicare i risultati del *referendum* che si riassumono come segue.

Per quanto si fossero stabiliti termini assai più larghi che per il passato, le schede raccolte dalle Sezioni di Trieste, Napoli, Livorno, Catania e Palermo non poterono giungere all'U. C. nei termini fissati. Anche nelle altre Sezioni un certo numero di schede pervenne oltre i termini stabiliti e non poterono quindi essere tenute in conto.

Lo scrutinio generale si tenne regolarmente il 31 agosto alle ore 10, come risulta dall'atto notarile pubblicato su «L'Elettrotecnica» del maggio 1945, e diede i seguenti risultati:

N. totale di tutti i soci aventi diritto di voto (esclusi gli *juniores*) dell'A.E.I.	N. 4372
N. totale delle schede pervenute in tempo utile	» 1664
Percentuale dei votanti	38 %
Schede nulle o illeggibili	» 223
Schede ammesse alla votazione	» 1441
Sul *ritorno allo spirito dell'antico Statuto*:	
Voti favorevoli	N. 1404

Per la *nomina della Presidenza Generale*:

Presidente Generale - Ing. *M. Semenza* . .	voti	N. 1335
V. Presidenti Generali - Prof. *B. Focaccia* . .	»	» 1289
- Ing. *R. Marin* . . .	»	» 1276
Voti dispersi Presidente Generale	»	» 56

Il Segretario Generale ricorda che nelle 10 votazioni generali svoltesi fra il 1906 ed il 1932, la percentuale dei votanti oscillò fra un minimo del 23 ad un massimo del 41 %, con una media generale del 30,5 %.

Da notare che la percentuale del 38 % fu ottenuta ponendo al denominatore il numero totale dei Soci aventi diritto al voto. Computando, come sarebbe giusto, solo i Soci delle 11 Sezioni che poterono partecipare al *referendum*, si ottiene una percentuale del 44,5 % pari al massimo raggiunto nelle precedenti votazioni. (*Consensi*).

Il Presidente *Semenza* desidera esprimere la gratitudine sua e dei colleghi per la manifestazione di fiducia datagli dai Soci; ma conferma che non può andare contro lo Statuto e che pertanto interpreta il risultato del *referendum* come un invito a rimanere in carica coi colleghi fino alla fine del triennio in corso, e cioè fino al 31 dicembre 1945.

Faletti, compiacendosi dei risultati del *referendum*, richiama l'attenzione del Consiglio su qualche malumore suscitato in taluni gruppi di soci, dalla procedura seguita per le elezioni; malumori di cui gli giunse notizia durante la

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sua lunga degenza a Bergamo. Premette che negli appunti mossi a tale procedura la persona dell'Ing. Semenza è assolutamente fuori questione: tutti lo stimano come valente professionista e sono lieti di vederlo al posto di Presidente Generale riconoscendo le grandi benemerenze che egli si è acquistato nei confronti dell'A.E.I. (*Vivi applausi*). I dissensi riguardano esclusivamente la procedura ed egli è persuaso che se, nella circolare firmata da una ventina di Soci, si fosse detto chiaramente che non si trattava di rieleggere la Presidenza dimissionaria per un nuovo triennio, ma solo di riconfermarle la fiducia dei Soci per il triennio in corso, la votazione sarebbe stata ancora più plebiscitaria. Per le elezioni per un nuovo triennio si sarebbe dovuto — secondo i dissenzienti — seguire una procedura più democratica. Il nome del Presidente per il nuovo triennio avrebbe dovuto essere scelto con una più ampia collaborazione dei colleghi, specie di quelli rivestiti di cariche ufficiali. Dopo il risultato del *referendum* egli è certo che tutti i Soci saranno concordi nel chiedere alla Presidenza Semenza di rimanere in carica non solo fino alla fine del corrente anno; ma per tutto il tempo necessario alla modificazione ed alla approvazione del nuovo Statuto, il quale dovrà anche stabilire meglio la procedura da adottarsi per le future elezioni. Dichiara che nessun movente politico mosse i dissenzienti ed afferma che la A.E.I. deve assolutamente conservare sempre in avvenire il suo carattere apolitico, che potè fortunatamente mantenere anche durante gli ultimi vent'anni. Desidera infine assicurare il Segretario Generale che le critiche sollevate non lo riguardano assolutamente e che tutti i Soci gli sono affezionati e ben grati di quanto, da tanti anni, egli va facendo per l'A.E.I. e si augurano di poterlo vedere ancora a lungo al suo posto. (*Vivi applausi*).

Barbagelata ringrazia vivamente l'Ing. Faletti ed i Soci tutti. Desidera solo aggiungere che la circolare che diede origine ai dissensi, fu dovuta allestire in fretta, cosicchè molte adesioni giunsero troppo tardi. Se così non fosse stato, ai 25 firmatari, che già comprendono 4 ex Presidenti Generali e numerosi ex Presidenti di Sezione, si sarebbero aggiunti molti altri nomi, fra cui quelli degli altri quattro ex Presidenti Generali tuttora in vita.

Prendono quindi la parola: *Pramaggiore, Calì, Novelli, De Micheli, Emanueli, Brunetti, Righi* oltre a *Barbagelata* e *Redaelli*, tutti sostanzialmente favorevoli alla proposta *Faletti* di prolungare la Presidenza Semenza fino all'approvazione del nuovo Statuto. Essendo sorta discussione sul tempo necessario a ciò, *Semenza* propone di abbordare senz'altro il punto 4 dell'o.d.g. (Procedura per le modificazioni dello Statuto) ed informa che la Presidenza e l'Ufficio Centrale penserebbero di procedere alla stesa del nuovo testo con l'aiuto di una piccola Commissione di competenti scelti, per ovvie ragioni, nelle Sezioni più vicine a Milano. Il testo così redatto sarebbe diramato a tutti i Soci, dovrebbe essere ampiamente discusso in tutte le Sezioni ed in Consiglio Generale. Il testo conseguentemente emendato sarebbe infine sottoposto per *referendum* all'approvazione di tutti i Soci.

Il Consiglio si dichiara d'accordo su tale procedura. Qualche disparere si manifesta sul tempo necessario alla sua attuazione. Alla fine si conclude che il nuovo Statuto potrebbe essere pronto per la fine del 1946 e si delibera di proporre all'Assemblea che, data l'eccezionalità delle attuali circostanze la Presidenza Semenza venga prolungata fino al 31 dicembre 1946.

Righi propone che nel nuovo Statuto venga inserita una disposizione transitoria che valga a sanare il prolungamento dell'attuale Presidenza. (*Il Consiglio approva all'unanimità*).

Il *Presidente* ringrazia e ricorda che si deve anche decidere il da farsi per le Presidenze di Sezione, tutte attualmente nominate dalla Presidenza Generale secondo lo Statuto del 1937. Dopo discussione il Consiglio è d'avviso che si debbono lasciare libere le Assemblee di Sezione di mantenere in carica le Presidenze attuali fino all'approvazione del nuovo Statuto (analogamente a quanto deciso per la Presidenza Generale), oppure di procedere come in passato all'elezione di nuove Presidenze le quali naturalmente rimarrebbero in carica soltanto fino all'entrata in vigore del nuovo Statuto. Si propone che la disposizione transitoria proposta da Righi, venga completata in modo da legalizzare anche la situazione anormale in cui vengono a trovarsi le Presidenze di Sezione. (*Il Consiglio approva*).

3. - PROVVEDIMENTI PER IL BILANCIO SOCIALE.

Il Presidente *Semenza* ricorda come in questi tempi nei quali, come dopo l'altra guerra, il valore della lira sta slittando verso la sua nuova stabilizzazione che tutti si augurano prossima e soddisfacente, anche il bilancio sociale rimane gravemente compromesso dall'aumento continuo delle spese in nessun modo compensato dagli introiti rimasti pressochè immutati.

Il costo della carta ha raggiunto in questi ultimi tempi livelli impressionanti e si parla oggi di oltre 200 lire al kg contro le L. 2,80 pagate ancora nel 1938. Le spese per la tipografia sono aumentate di oltre il 300 % rispetto al 1944. Si è realizzato un modesto risparmio sul personale riducendolo di due unità e limitando le prestazioni del disegnatore a metà giornata, ma con tutto ciò la spesa complessiva per il personale è assai aumentata e dovrà aumentare ancora. Si aggiungano le forti spese straordinarie causate dal trasferimento dell'U. C. a Besozzo e si comprenderà facilmente come nell'esercizio 1944 si sia avuto un disavanzo di 150 e nell'esercizio in corso si preveda un *deficit* di oltre 300 mila lire, a cui solo in parte si potrà far fronte colle ultime riserve di bilancio.

È quindi indispensabile adeguare ai nostri bisogni gli introiti che sono essenzialmente costituiti dai proventi della pubblicità e dai contributi dei Soci. Per la *pubblicità* gli aumenti delle tariffe praticati all'inizio del 1945 sono stati completamente frustrati da successivi aumenti delle spese. Basti dire che, se si dovesse comperare oggi la carta ai prezzi del mercato, il costo di una pagina di pubblicità supererebbe notevolmente il prezzo per essa pagato dall'inserzionista. Sono naturalmente allo studio nuovi considerevoli aumenti; ma non si può prevedere la reazione degli inserzionisti, pure ricordando come gli industriali inserzionisti si siano sempre dimostrati in passato, bene disposti ad aiutare l'A.E.I.

Per quanto concerne il contributo dei Soci all'U. C. va ricordato che esso fu, dall'origine al 1917, di lire *dieci* e dopo il periodo perturbato della prima guerra, si stabilizzò in *cinquanta* lire dal 1928 al 1940, e fu poi fissato in *sessanta* lire dal 1941 al 1943. Come è noto il contributo fu portato a 120 lire col 1944, ma ancora non si sa quali risultati l'aumento stesso abbia dato nelle Sezioni a sud dell'Appennino, rimaste per tanto tempo avulse dall'U. C.

Stando così le cose, sembra che il contributo dei Soci individuali all'U. C. dovrebbe essere fissato a partire dal 1° gennaio 1946 ad un valore compreso fra le 300 e le 500 lire. La seconda cifra è indubbiamente quella meglio in relazione con la svalutazione definitiva probabile della lira, e trova pieno riscontro nelle quote di cui oggi si parla nelle Associazioni e Società paragonabili alla nostra. Qualunque sia per essere la decisione, converrà naturalmente che le Sezioni cerchino di contenere al minimo la quota parte ad esse spettante per non imporre ai singoli Soci un onere eccessivo.

Aperta la discussione, interloquiscono ripetutamente *Calì, Facconi, Novelli, Parrini, Correggiari, Gulinello* (oltre a *Barbagelata* e *Redaelli*) che esaminano il pro ed il contro di un forte aumento delle quote sociali di cui tuttavia tutti riconoscono la necessità. Alcuni accennano alla possibilità di ricorrere per aiuto alle Società Elettriche, ma *Semenza* si dichiara contrario per mantenere all'A.E.I. il suo carattere di indipendenza, e fa osservare che, attraverso l'aumento delle quote dei Soci, le Società contribuirebbero egualmente al risanamento del bilancio. Si conclude di proporre all'Assemblea di portare a lire *trecento* il contributo di ciascun Socio individuale alla Sede Centrale, modificando proporzionalmente i contributi delle varie categorie di Soci collettivi. Della proposta si dovranno informare le Sezioni anche prima delle deliberazioni della prossima Assemblea, affinchè si possano tempestivamente predisporre gli aumenti delle quote di Sezione.

Per i Soci *sostenitori*, dopo breve discussione, si delibera di mantenerli, stabilendo che essi debbano annualmente versare una quota da fissarsi che sia equivalente almeno ad una seconda quota.

Il Consiglio esamina anche la posizione dei Soci *vitalizi* concludendo che si debba portare a 10 000 lire la somma da versare *una tantum* da chi in avvenire volesse diventare vitalizio, e che si possono invitare gli attuali vitalizi a ver-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sare annualmente la eventuale differenza fra la nuova quota dei Soci ordinari e gli interessi del capitale da essi a suo tempo versato.

Nei riguardi della *pubblicità* sulla rivista, che costituisce il secondo cespite importante per l'A.E.I., tutti sono d'accordo che sia necessario aumentare subito le tariffe. *Calì*, risponde ad alcune osservazioni di *Redaelli*. Egli sa che i nostri industriali sono in generale assai favorevoli alla pubblicità fatta su « L'Elettrotecnica », e non dubita che sia possibile aumentare notevolmente il gettito della pubblicità stessa, specialmente se il Reparto Pubblicità dell'A.E.I. avrà i mezzi per mantenersi continuamente in contatto con gli inserzionisti. L'Ing. Calì rileva che, a differenza delle altre riviste, « L'Elettrotecnica » si è sempre mostrata troppo poco insistente presso gli inserzionisti e ciò forse per deficienza di personale idoneo.

4. - PROCEDURA PER LE MODIFICAZIONI DELLO STATUTO.
(Vedasi al n. 2).

5. - CONVOCAZIONE DELL'ASSEMBLEA DEI SOCI.

Dopo breve discussione si decide di convocare l'Assemblea dei Soci a Milano per le ore 9,30 di venerdì 5 ottobre p. v. col seguente o.d.g.:

1. - Verbale dell'Assemblea precedente.
2. - Relazione sul *referendum* e provvedimenti conseguenti.
3. - Procedura per le modificazioni dello Statuto.
4. - Provvedimenti per la sistemazione del bilancio e modificazione delle quote sociali.
5. - Attività dell'Associazione, varie ed eventuali.

6. - SISTEMAZIONE DELLA SEDE CENTRALE.

Data l'ora avanzata, il *Presidente* propone di rinviare l'esame del problema, che viene intanto studiato dall'U. C., ad una prossima occasione. Il Consiglio approva.

7. - RIPRESA DELLE PUBBLICAZIONI NON PERIODICHE.

Dopo breve scambio di idee si delibera di procedere alla preparazione del nuovo *Annuario*, che non dovrebbe essere più dato gratuito a tutti i Soci, ma soltanto a quelli che ne faranno tempestiva prenotazione.

Per la *Statistica*, assai richiesta, si potrà procedere ad una ristampa del vecchio testo di cui è in piedi la composizione, ma si dovrà in pari tempo avviare la raccolta dei dati per una nuova edizione completamente aggiornata.

8. - PREMI SOCIALI.

La svalutazione del denaro ha compromesso seriamente anche la sorte dei premi periodicamente banditi dall'A.E.I. Il solo Premio *Pugno Vanoni* — triennale — col suo capitale di 100 mila lire, permette di assegnare ogni volta 15 mila lire che possono ancora costituire un premio apprezzabile. Il Premio *Bianchi*, pure triennale, ha un capitale di L. 15.000, che consente di formare un premio di 2250 lire. Il Premio *Jona*, biennale, ha un capitale che, inizialmente di 5000 lire è salito oggi, cogli interessi maturati dopo l'ultima assegnazione, a L. 7250,—. Sarebbero così disponibili ogni due anni solo L. 725,— per la medaglia d'oro che dovrebbe costituire il premio. Infine il Premio *Righi* (biennale) non ha capitale. L'A.E.I. stanziava ogni volta 500 lire per la relativa medaglia.

Il *Presidente* accenna alla possibilità di aprire una sottoscrizione a larga base fra tutti i Soci per raccogliere un fondo speciale destinato al rinvigorimento dei premi, ma la maggioranza dei presenti non ne ritiene il caso. I Premi dell'A.E.I. hanno essenzialmente un grande valore morale che non potrà essere menomato dalla sostituzione di un semplice diploma alla medaglia od al premio in danaro. Si osserva anche che per concorrere ai premi, non si richiede in genere la preparazione di appositi lavori, essendo i premi stessi assegnati a lavori già pubblicati.

Quanto alla Borsa Volta, assegnata per l'ultima volta nel 1939, la Presidenza sta cercando di riprendere contatto negli Stati Uniti con gli esponenti della Italy America Society per conoscerne le intenzioni, augurando che la borsa stessa, che era di 1800 dollari, possa essere nuovamente posta in pallio.

9. - COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO.

Data l'ora avanzata il *Presidente* si limita ad informare che è allo studio una ripresa dell'attività del C.E.I., di cui si potrà parlare in una prossima occasione.

10. - RIUNIONI ANNUALI.

Dopo breve scambio di idee si delibera di predisporre la prossima riunione annuale anzichè nel prossimo ottobre, per la primavera 1946 possibilmente in aprile. Quanto alla sede si accenna alla possibilità di scegliere *Salsomaggiore*. *Righi* insiste perchè si tenga conto del desiderio e delle possibilità delle Sezioni lontane ed in particolare di quelle a Sud dell'Appennino. Il *Presidente* assicura che si terrà conto del giusto desiderio.

Esaurito così l'o.d.g. il *Presidente* ringrazia gli intervenuti e toglie la seduta. (*Applausi*).

Convocazione dell'Assemblea generale dei Soci

Milano, venerdì, 5 Ottobre 1945, ore 9,30

La Presidenza ha diramato a tutti i Soci la seguente cartolina di convocazione:

Egregio Consocio,

alle ore 9,30 di venerdì 5 ottobre 1945 in Milano, Via S. Paolo 10, è convocata l'*Assemblea dei Soci dell'A.E.I.* col seguente Ordine del Giorno:

1. - Verbale dell'Assemblea precedente.
2. - Relazione sul Referendum e provvedimenti conseguenti.
3. - Procedura per le modificazioni allo Statuto.
4. - Provvedimenti per la sistemazione del Bilancio e modificazione delle quote sociali.
5. - Attività dell'Associazione, varie ed eventuali.

Data l'importanza eccezionale degli argomenti all'Ordine del Giorno, si confida sul Suo intervento.

Il Direttore — A. BARBAGELATA

Il Presidente Generale — M. SEMENZA

NECROLOGIO

Si è spento a Milano il 23 gennaio scorso nella Sua abitazione di Via Torquato Tasso 3, dopo breve malattia, il

Dott. Ing. FRANCESCO ROSSI

che, quale capo di una delle maggiori aziende italiane per la costruzione degli accumulatori al piombo (la « Tudor »), dedicò tutta la Sua vita operosa allo sviluppo della produzione e delle applicazioni di tali apparecchi, acquistandoSi vasta rinomanza nel campo della industria elettrotecnica sia in Italia che all'estero.

Nato 71 anni or sono a Firenze, completò gli studi di ingegneria presso il Politecnico di Torino ed entrò quindi alle dipendenze di una casa estera produttrice di accumulatori al piombo. Ebbe così campo di specializzarsi in questo ramo dell'industria occupandosi quale tecnico, all'estero ed in Italia, delle prime importanti installazioni di batterie fisse per impianti di riserva di energia elettrica per forza motrice e per luce.

Passato dopo qualche anno, quale direttore, presso la Società Generale Italiana Accumulatori Elettrici « Tudor » di Melzo (che iniziava la sua attività, quale continuatrice della Fabbrica Nazionale di Accumulatori brevetto « Tudor » di Genova), ne divenne successivamente il Consigliere Delegato ed a Lui si deve il florido sviluppo di questa azienda, della quale Egli fu per circa quarant'anni il dirigente e l'animatore intelligente e sagace. Seppe circondarsi della

Biblioteca nazionale centrale di Roma

generale stima dei Suoi collaboratori e dipendenti che nelle Sue elevate doti di umanità e di cuore trovarono preziosa guida e paterna assistenza.

Dotato di spiccate qualità di organizzatore, aveva esteso la Sua feconda attività dalla produzione a tutti i campi di impiego delle batterie, dedicandoSi con particolare passione a quello della trazione ad accumulatori. Fu Presidente della S.G.I.T.A. (Società Generale Italiana Trasporti Autoelettrici - Milano e della S.A.F.S.U. (Società Anonima Finanziamento Servizi Urbani - Milano) dalla fondazione di queste Società.

Il problema della trazione ad accumulatori fu da Lui trattato più di una volta con particolare competenza in riunioni di tecnici: ricorderemo le Sue comunicazioni alle riunioni annuali della A.E.I.: « L'oggi ed il domani della trazione elettrica ad accumulatori in Italia » (Trieste, novembre 1919) e « La trazione elettrica ad accumulatori nelle sue applicazioni ferroviarie, tramviarie, su strada ordinaria e navali » (Genova, ottobre 1928).

Socio del nostro sodalizio dal 1908, fu un assiduo sostenitore delle finalità e dello sviluppo della nostra Associazione.

Nel 1926, quale capo della « Tudor » italiana, allacciò rapporti di natura tecnica e finanziaria con la principale fabbrica polacca di accumulatori, la Zaklady Akumulatorowe Syts. « Tudor » di Varsavia, la quale deve, in notevole misura, alla Sua assistenza le sue brillanti affermazioni in quel Paese.

Nel 1934 la Sua collaborazione fu pure sollecitata per la costituzione di una fabbrica di accumulatori in Ungheria e l'iniziativa ebbe concreta realizzazione con la fondazione della Magyar Olasz Accumulator K.F.T. di Budapest, che fu in continui rapporti con la « Tudor » di Melzo fino all'inizio dell'attuale conflitto.

Pochi anni prima di questa guerra iniziò presso lo stabilimento di Melzo, in un reparto appositamente attrezzato, la fabbricazione delle pile elettriche e questi nuovi prodotti della « Tudor » conquistarono rapidamente i mercati nazionali di consumo, ponendosi fra la migliore produzione italiana.

In seguito alla recente incorporazione della Società Generale Italiana Accumulatori Elettrici di Melzo nella Società Edison, Egli aveva lasciato la Direzione di quella ditta continuando tuttavia ad indirizzarne l'attività in qualità di Consulente e ciò fino agli ultimi giorni della Sua vita.

Scompare con l'Ing. Francesco Rossi una bella figura di capo di azienda che ha onorato per molti anni l'industria elettrotecnica italiana e che seppe accomunare nel Suo grande cuore, allo sconfinato amore per la Sua Famiglia e per la Patria, quello per il Suo lavoro.

*

Il 22 giugno u. s. è deceduto a Suna

l'ing. FRANCESCO ERNESTO FUMERO

ben noto negli ambienti tecnici specialmente milanesi.

Può essere considerato come uno dei pionieri della stampa tecnica periodica nel campo della elettricità in Italia perchè fin dal 1901 si occupò della Rivista Tecnica di Elettricità che poi diresse per molti anni.

Successivamente fondò lo Studio Consulenza Brevetti che portava il suo nome.

Fu volontario nella prima guerra mondiale; ricoperse varie cariche pubbliche, specialmente nel campo tecnico.

Appartenne per molti anni alla nostra Associazione che ne rimpiange sinceramente la perdita.

L'interessamento dei Soci per l'A E I si dimostra colla puntualità nel pagamento della quota alle Sezioni; esso deve essere compiuto al più tardi entro il mese di marzo.

*

Il 3 giugno 1944 immolava la sua vita per la Patria il nostro consocio

Dr. Ing. ALFEO BRANDIMARTE
Maggiore Armi Navali

Alla sua memoria, su proposta del Ministro della Marina, è stata conferita la medaglia d'oro al V. M. sul campo con la seguente motivazione:

« Ufficiale superiore delle Armi Navali, di eccezionali doti morali e tecniche, pervaso da profondo amor patrio, iniziava, sin dai primi giorni dopo l'armistizio, la sua coraggiosa opera sul Fronte Clandestino di Resistenza: superando immani difficoltà, riusciva con scarsi mezzi da lui stesso abilmente apprestati, ad effettuare vari collegamenti telegrafici con le Autorità Nazionali ed Alleate dell'Italia liberata.

« Durante nove mesi, la sua fattiva opera veniva svolta con coraggio ed abnegazione, malgrado ripetutamente ricercato dalle autorità germaniche. Arrestato in seguito a delazione, subiva atroci sevizie e perdeva la sua vita dedicata al bene della Patria nella località "La Storta" il 3 giugno 1944, barbaramente trucidato dai tedeschi. »

Nato a Loreto (Ancona) il 31 gennaio 1906, a soli ventidue anni si laureava presso il Politecnico di Torino in Ingegneria Elettrotecnica. Successivamente veniva nominato Tenente Armi Navali. Promosso ben presto Capitano, fu destinato alla R. Accademia Navale di Livorno, ed ivi addetto all'Istituto Elettrotecnico delle Comunicazioni della R. Marina e incaricato dell'insegnamento della Elettrotecnica ai Corsi Superiori di Specializzazione degli Ufficiali della R. M.

Inviato a Mogadiscio, vi impiantava una potente stazione R. T.; successivamente ad Addis Abeba provvedeva in breve tempo con mezzi di fortuna alla ricostruzione della locale stazione R.T.T. Rientrato in Patria fu nuovamente a Livorno quale Vice Direttore dell'Istituto Elettrotecnico e si dedicò nuovamente all'insegnamento, per il quale aveva una spiccata attitudine.

Nel 1940, lasciato il Servizio Effettivo, divenne Direttore Tecnico dello Stabilimento di Roma della S.A.F.A.R.

Venuto l'armistizio dell'8 settembre 1943 Egli, convinto della necessità di affrettare con ogni mezzo la liberazione d'Italia dai tedeschi, iniziò subito la sua attività clandestina, specie nel campo delle comunicazioni radiotelegrafiche, riuscendo per lungo tempo ad eludere ogni ricerca delle autorità germaniche.

Due volte fermato in seguito a rastrellamento, seppe liberarsi con disinvoltura.

Denunciato alfine alle S.S., fu tradotto nelle carceri di Via Tasso a Roma.

Ivi, seppe, come sempre, mantenere una imperturbabile e serena calma ed infondere coraggio e fiducia nei suoi compagni di cella.

L'A.E.I., orgogliosa di annoverarlo tra le sue file, si inchina riverente alla sua memoria ed esprime alla Famiglia i suoi sentimenti di solidarietà e di fierezza.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 46 D
Applicazioni agricole – Applicazioni termiche – Condutture – Impianti – Radiotecnica – Statistica – Trasmissione e distribuzione.

Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 52 D
Considerazioni sull'essiccazione elettrica dell'erba – Impianti di termocompressione – Industria elettrica svedese.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPLICAZIONI AGRICOLE.

E. Oetiker — **L'essiccatoio a tamburo Bühler.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 45 a 53, con 13 fig.). 4

L'essiccazione artificiale dell'erba si è affermata in vari Paesi dell'estero e permette di ottenere un fieno più ricco di albumina. Il tipo di essiccatore descritto dall'A. fu costruito inizialmente per funzionare con riscaldamento a combustibili. Recentemente ad esso fu applicato il riscaldamento elettrico; attualmente ne sono in funzione 11 unità di cui 9 con una potenza di 1100 kW ciascuno e 2 da 800 kW. L'essiccatore è del tipo a tamburo orizzontale, diviso in zone successive di circolazione trasversale d'aria: vi sono 8 zone in quelli da 1100 kW e 6 zone in quelli da 800 kW. Il tamburo è lungo 13 m con diametro di 2,3 m; le pareti sono formate nelle prime zone in lamiera forata e, nelle successive, in rete metallica. Nell'interno del tamburo sono disposte numerose forchette, palette ecc. destinate a agitare e rimescolare l'erba e a provocarne l'avanzamento entro il tamburo disposto orizzontalmente; esso compie da 3,5 a 4 giri al minuto e l'erba impiega 20 a 25 minuti a percorrerne l'intera lunghezza. Il tamburo è comandato da un motore da 4,5 kW con regolazione a gradini della velocità; il numero di giri del tamburo può essere fatto variare fra 1,5 e 5 per minuto. Il tamburo è collocato entro una camera costituita da murature verticali in mattoni, bene isolate, e da una specie di volta in doppio strato di lamiera con l'intercapedine riempita di materiale coibente termico. Il prodotto essiccato viene estratto a intervalli da una testata dell'essiccatore mediante una porta a ventola. I ventilatori sono insallati all'esterno della camera, lungo una parete in muratura, su basamenti di calcestruzzo; essi sono così sottratti all'azione del calore e inoltre riescono più facili la manutenzione, la sorveglianza e la regolazione. Negli essiccatori da 1100 kW gli 8 ventilatori fanno circolare attraverso il tamburo circa 120 000 m³ di aria all'ora. L'aria viene spinta dai ventilatori attraverso le batterie di resistori installate entro la camera, sotto al tamburo; entra poi in questo dal basso, ne percorre un tratto in controcorrente coll'erba e viene poi estratta dal successivo ventilatore, passata a una nuova batteria di resistori e rimessa in ciclo, e così via. Per asportare l'acqua evaporata, l'aria umida viene poi scaricata a una estremità del tamburo mentre un altro ventilatore provvede a introdurre nuova aria fresca, assialmente; essa viene, mediante gioco di ventole, distribuita nelle varie zone del tamburo. Con buone norme di esercizio si riesce ad asportare circa 0,25 kg di acqua per ogni kg di aria nuova introdotta; l'aria deve uscire con una temperatura fra 80 e 90 °C. L'erba viene addotta all'essiccatore da un trasportatore a nastro, comandato da un motore da 0,35 kW, a velocità variabile fra 3 e 13 cm/sec. Nell'essiccatoio da 1100 kW vi sono 6 corpi scaldanti per l'aria, ciascuno da 185 kW, a 500 V; essi sono collegati due a due a formare un gruppo ognuno dei quali può essere frazionato in 4 elementi da 92,5 kW per provvedere alla regolazione la quale è effettuata automaticamente da regolatori differenziali. Come elementi scaldanti sono usati resistori di ghisa grigia speciale; ogni corpo scaldante comprende circa 200 di tali resistori. Le camere di riscaldamento sono dimensionate in modo che l'aria assuma attraverso esse, una velocità di 12 a 15 m/sec ottenendosi un elevato coefficiente di trasmissione e nello stesso tempo impedendo la deposizione di polveri. La temperatura dei resistori è di circa 250 °C. I cavi di adduzione dell'energia ai ai corpi scaldanti sono in alluminio e sono posati in un canale ricavato nelle fondazioni e ventilato da apposito ventilatore. La alimentazione dei resistori può anche essere regolata a mano dal quadro. Un sistema elettrico di blocco impedisce che vengano alimentati i resistori se sono fermi i ventilatori. In pratica una buona parte dell'erba essiccata vien macinata, serve allo scopo un gruppo costituito da un mulino a battitori, un ciclone e un filtro; il mulino compie 4000 giri/min ed è comandato da un motore da 18 kW mediante cinghie trapezoidali. Il tempo di avviamento dell'essiccatore è di soli 15 minuti, dopo i quali si può cominciare l'alimentazione di erba fresca. Alcuni rilievi di esercizio hanno dato i seguenti risultati. Su 2558 ore di esercizio si sono trattate 3500 tonnellate di materiale fresco (1360 kg/h) ottenendo 969 tonnellate di materiale essiccato (373 kg/h) ed evaporando 2530 tonnellate di acqua, con un consumo di 2 393 974 kWh. In un altro impianto, con 1346 ore di esercizio si trattarono 1620 kg/h di materiale fresco producendo 480 kg/h di materiale secco con un consumo di 775 calorie per ogni kg di acqua evaporato. L'A. espone anche alcune considerazioni di carattere economico.

N.

M. Grossen — **Impianti di essiccazione di erba nella zona di distribuzione della Bernische Kraftwerke A. G.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 21 a 24, con 3 fig.). 4

Su questa rete vennero inseriti i primi 3 impianti di essiccazione dell'erba nel 1941 con una potenza complessiva di 1280 kW; essi diedero luogo, entro l'anno, a un consumo di circa 510 000 kW; alla fine del 1942 il numero degli impianti era salito a 8 per una potenza complessiva di 3180 kW, con un consumo annuo di 4 130 000 kWh. Alla fine del 1943 si contavano 15 essiccatoi per 7560 kW, con un consumo di 7 600 000 kWh e una produzione di 2000 tonnellate di erba essiccata. Di questi impianti, 9 hanno una potenza fra 300 e 350 kW e 6 stanno fra 600 e 1200 kW. La utilizzazione della potenza installata fu, nel 1943, di 1300 ore. Sono riportati i diagrammi dell'andamento dei consumi negli anni 1942 e 1943; il funzionamento è limitato nei mesi da maggio a novembre e il consumo varia moltissimo da mese a mese in modo diverso da anno ad anno. In media nel 1943 il consumo di energia per 100 kg di erba essiccata fu di circa 395 kWh per gli impianti senza ricupero di calore e di 315 kWh per quelli con ricupero; per ogni kg di acqua evaporata il consumo è risultato rispettivamente di 0,95 a 1 kWh e di 0,8 kWh. In un diagramma è illustrata la relazione fra il consumo in kWh per 100 kg di erba secca e il contenuto percentuale di acqua nell'erba fresca; si rileva come una piccola variazione di tale percentuale provochi un forte aumento nel consumo di energia; un leggero asciugamento naturale preventivo dell'erba che ne abbassi l'umidità al 70 od al 60 % ha come conseguenza una fortissima riduzione del consumo di energia. Gli essiccatori attualmente in funzione sulla rete, che hanno prodotto nel 1943 circa 2000 tonnellate di erba secca, potrebbero produrne 12 000 a 15 000 tonnellate se venisse applicato l'essiccamento preventivo con un consumo di 20 a 30 milioni di kWh in confronto a 40÷50 milioni se alimentati con erba a 80 % di umidità. Il costo dell'essiccazione varia moltissimo in funzione della utilizzazione dell'impianto come è messo in

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

evidenza da un diagramma; si vede da esso che la spesa per unità di prodotto essiccato, quando si funzioni per 1000 ore all'anno è all'incirca doppia di quella che corrisponde a un funzionamento di 2500 ore. Si capisce quindi come la convenienza economica di tale procedimento di essiccazione dipenda non solo dalle tariffe praticate per la energia elettrica ma anche, in grande misura, dalla utilizzazione degli impianti. Secondo un calcolo svolto dall'A. in base al costo di installazione degli impianti di essiccazione elettrici dell'erba e alle tariffe vigenti nella Svizzera si può ritenere che per una utilizzazione di 1000 a 1500 ore la spesa per l'energia rappresenta circa un quinto della spesa totale di essiccazione, mentre con utilizzazioni di 2500 a 3000 ore essa sale a circa un terzo della spesa totale. L'A. espone anche alcune considerazioni sui metodi in vigore per il computo dei consumi d'energia e per l'applicazione delle tariffe. *N.*

W. L. Frölich — **L'industria elettrica e l'essiccazione dell'erba per via elettrica.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 14 a 19). 4

Il consumo di energia elettrica nei grandi impianti di essiccazione elettrica dell'erba esistenti nella Svizzera ammonta a circa 30 milioni di kWh all'anno. All'estero si usano preferibilmente essiccatoi a vapore ottenuto con combustibili. La costruzione degli essiccatori elettrici deve tener conto sia delle esigenze di resistenza e semplicità essenziali per tutto il macchinario agricolo, sia delle esigenze della economia del calore e degli impianti elettrici. Come indice caratteristico si può assumere il consumo di energia, in kWh o in calorie, per far evaporare dall'erba un kg di acqua. Si possono ritenere i seguenti valori medi: per essiccatori a riscaldamento elettrico diretto senza ricuperazione, da 0,87 a 1,04 kWh (750 a 900 calorie) per kg (valore medio di esercizio 0,93 kWh); essiccatori con riscaldamento elettrico diretto e ricupero di calore, valore medio 0,75 kWh (650 calorie) per kg, minimo 0,64 kWh/kg; essiccatori a vapore combinati con caldaie elettriche, circa 0,98 kWh, pari a circa 840 calorie, per kg di acqua; essiccatori elettrici a compressione di aria calda ed essiccamento con espansione, 0,47 kWh (400 calorie) per kg. Come confronto sono anche riportati i seguenti valori relativi a impianti di essiccatori a combustibile, avvertendo che si tratta di impianti di vecchia costruzione, proporzionati per una evaporazione di circa 1000 kg/h: con riscaldamento diretto per mezzo dei gas combusti circa 1020 a 1100 calorie per kg di acqua evaporata; con riscaldamento indiretto a vapore, circa 1100 a 1200 calorie/kg; questi consumi di calore si intendono riferiti al carbone. Per impianti tedeschi da 3000 kg/h di acqua evaporata si è ottenuto un consumo da 850 a 1000 calorie/kg. Non c'è esempio di impianti a combustibile nei quali si sia applicato il ricupero di calore. Gli impianti di essiccazione elettrici presentano indubbi vantaggi per gli utenti agricoli in confronto a quelli a combustibili, ma non si presentano molto opportuni per le Imprese di distribuzione dell'energia elettrica; e ciò specialmente per la piccola utilizzazione annua, che è dell'ordine di 1000 ore. Naturalmente ha importanza anche la località in cui questi impianti vengono installati, nei riguardi della vicinanza di linee elettriche e della loro capacità di trasporto in relazione al carico precedente della rete. L'A. espone ampie considerazioni di carattere economico circa le tariffe che possono essere applicate per questi essiccatori; fa rilevare l'opportunità di evitare che essi si sovrappongano alle punte di carico della rete e quindi che essi vengano di preferenza esercitati di notte e nella fine-settimana. Diffondendo la propaganda sui vantaggi della essiccazione elettrica si potrà far aumentare la durata annua di utilizzazione degli impianti di essiccatoi; certi competenti ritengono che si possa arrivare a 2500 ore annue; in qualche caso, con una buona organizzazione si è già arrivati a 2000 ore. È poi opportuno evitare il funzionamento degli essiccatori nei mesi di magra dei corsi d'acqua, quando si deve ricorrere ai serbatoi montani e l'energia disponibile è scarsa; l'A. prospetta a questo riguardo la soluzione di impianti di essiccazione a vapore con caldaia elettrica e con caldaia a combustibile di riserva per i mesi di magra. La forte diversità nei consumi di energia che si riscontrano nei diversi impianti con riferimento alla unità di prodotto secco, non possono spiegarsi soltanto con la diversa costituzione dell'erba nei vari casi, ma sono certamente dovuti in gran parte alla diversità di costruzione e di funzionamento degli essiccatoi. Vi sono dunque per i costruttori di essi ancora molte possibilità di perfezionamenti tecnici. Nei 47 maggiori impianti di essiccatoi elettrici per l'erba nella Svizzera, è investito attualmente un capitale di circa 10 milioni di franchi svizzeri; l'A. ne deduce la necessità di una volonterosa collaborazione perchè possa essere proseguito il funzionamento di essi e non venga perduto il capitale investito. *N.*

G. Brunner — **L'essiccatore Brown Boveri a nastri multipli con ricupero di calore.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 1-3, pag. 33 a 40, con 9 fig.). 4

Si tratta di un tipo di essiccatore elettrico per erba. Questi dispositivi assorbono forti quantità di energia. L'erba fresca contiene da 70 a 80 % di acqua e bisogna portarla a un contenuto di solo 10 %. Si calcola che per il mantenimento di una mucca nell'inverno occorrano circa 650 kg di erba secca; ciò significa dover fare evaporare circa 2300 kg di acqua; a tale scopo si richiedono praticamente circa 1 800 000 calorie pari a 2100 kWh; per provvedere a una mandria di 700 capi occorrerebbero 1 500 000 kWh e praticamente, per un essiccatore senza ricupero, una potenza impegnata di circa 850 kW. Si tratta dunque di problemi che involgono elevate potenze e ingenti quantità di energia. Per ridurre il consumo si può ricuperare parte del calore dell'aria calda e umida uscente per riscaldare l'aria nuova che entra, ma tale ricupero è solo di una piccola percentuale del contenuto termico dell'aria uscente. Meglio si riesce nel ricupero utilizzando l'aria uscente per riscaldare in uno scambiatore di calore l'aria da impiegare in un preessiccatore che impegna presso a poco la stessa quantità d'aria dell'essiccatore principale. Si potrebbe anche pensare a una soluzione con termopompa, ma ciò complicherebbe troppo l'impianto. L'esperienza ha dimostrato che per non nuocere alle caratteristiche fisiologiche del prodotto secco la temperatura di essiccazione non deve superare 80 °C; bisogna però tenere presente che la temperatura nell'erba si mantiene inferiore a quella dell'aria, specialmente nella prima zona dove essa è ancora molto umida. L'esperienza ha messo in evidenza che si può senza danno assumere una temperatura di 130 °C all'entrata e una temperatura media, nell'essiccatore principale, di 115 °C. Nell'essiccatore descritto dall'A. le cose sono disposte in modo che il punto di rugiada nell'essiccatore principale sia a 75 °C; lo scambiatore di calore è proporzionato in modo che l'aria umida si raffreddi fino a circa 65 °C; in tal modo si ricupera circa la metà del calore contenuto nell'aria umida uscente dall'essiccatore. La quantità di calore che si ricupera è tanto maggiore quanto maggiore è la quantità di vapore contenuto nell'aria uscente dall'essiccatore, cioè quanto più umida è l'erba che si essicca, cosicchè si ha un certo compenso del maggior consumo di energia in tal caso richiesto. L'essiccatore completo consta di 3 camere sovrapposte: il preessiccatore, l'essiccatore principale, e l'essiccatore d'uscita. L'erba è disposta su natri mobili di fili d'acciaio, disposti in più strati sovrapposti. In ciascuna delle 3 camere l'essiccazione avviene in una corrente d'aria che si muove in direzione perpendicolare a quella del movimento dei nastri; l'aria entra su tutta la larghezza dell'essiccatore, sotto ai nastri. Nell'essiccatore principale l'aria compie un ciclo chiuso e viene riscaldata da una batteria di resistori da 550 kWh; un ventilatore aspira dal ciclo parte dell'aria umida e la porta allo scambiatore di calore. Il preessiccatore funziona con aria fresca che viene fatta passare nello scambiatore di calore lambendone esternamente i tubi; l'aria riscaldata dal calore di condensazione del vapore dell'aria umida entra nel preessiccatore sotto ai nastri trasportatori, passa attraverso gli strati di erba giacenti su di essi ed esce saturata. L'essiccatore di uscita contiene un solo nastro trasportatore; in esso l'erba viene pure derivata dallo scambiatore di calore. Lo scambiatore di calore diede luogo agli inizi a qualche inconveniente per la formazione di ostruzioni nei tubi; si riconobbe trattarsi di formazioni di natura organica; all'inconveniente fu messo riparo facilmente. L'esercizio dell'essiccatore è assai semplice: l'erba viene caricata all'ingresso sui nastri in strati di 20 cm di spessore. La temperatura nell'essiccatore principale è mantenuta al valore voluto con un regolatore a tutto o niente. La velocità dei nastri può essere fatta variare nel rapporto da 1 a 10. L'A

Biblioteca nazionale centrale di Roma

espone alcune considerazioni finanziarie circa la spesa per l'essiccazione in base alle tariffe vigenti per l'energia elettrica e al consumo unitario di energia che può ritenersi in media di 0,966 kWh per ogni kg di acqua evaporata. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

Gli impianti di riscaldamento di locali con termopompe a Zurigo. (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 163 a 175, con 11 fig.). 5 f

Il primo impianto del genere in Europa fu quello per il Rathaus di Zurigo, costruito nel 1937-38 caratterizzato da una potenzialità di 70 000 calorie/ora, con cifra di merito 2, e circa 1500 ore annue di utilizzazione. Esso utilizza il calore delle acque del fiume Limmat. Il motore di comando della termopompa ha una potenza di 40 kW. Come fluido intermedio è usato il freon 12 (CF_2Cl_2) che viene evaporato dalle acque del fiume e poi, compresso, cede il suo calore all'acqua che a sua volta viene usata per riscaldare l'aria da immettere negli ambienti. Usando l'aria si può, con lo stesso impianto, effettuare in estate la refrigerazione. L'acqua di riscaldamento viene portata a 60 °C. La richiesta massima dell'impianto è di 150 000 calorie/ora; l'impianto di termopompe sostiene il carico base; nei casi di forti freddi interviene anche l'azione di un accumulatore d'acqua calda a riscaldamento elettrico diretto. Il consumo totale è in media di 145 milioni di calorie/anno delle quali il 55 % viene fornito dall'impianto di termocompressione. Nel 1939 si decise di installare una termopompa nel Kongresshaus di Zurigo per l'impianto di condizionamento dell'aria; si provvede così al riscaldamento d'inverno e al raffreddamento d'estate. La capacità di riscaldamento è di 50 000 cal/h con 7300 m³/h di aria circolante a temperatura di —2 °C all'esterno; quella di raffreddamento è di 27 000 cal/h. La cifra di merito è di circa 2,5. Il passaggio da un tipo di funzionamento all'altro avviene assai facilmente con la manovra di poche valvole nelle tubazioni d'aria.

Nel 1941 fu aperta la piscina pubblica di Zurigo; il calore necessario per il riscaldamento dell'acqua è fornito, per la parte rappresentante la base del diagramma, da un impianto di termopompe comprendente 5 termopompe ciascuna da 260 000 cal/h; due di esse servono per scaldare l'acqua e 3 per riscaldare l'ambiente. Per il riscaldamento dell'acqua viene anche utilizzata l'acqua di raffreddamento dei trasformatori di una grossa cabina elettrica vicina. Per le punte è installata una caldaia elettrica da 2000 kW, a 6 kV. Il fabbisogno totale di calore è di 4,7 miliardi di calorie, delle quali quasi un miliardo è fornito dall'acqua dei condensatori, 0,6 miliardi sono forniti dalla caldaia elettrica, 1,3 miliardi dalle 2 termopompe per l'acqua della piscina e 1,8 miliardi di calorie dalle 3 termopompe per gli ambienti. Il consumo di calore corrisponderebbe a circa 6 milioni di kWh e il calore corrispondente a 4 milioni di kWh è preso dalle acque di un corso d'acqua adiacente. Le 5 termopompe hanno ciascuna una potenza di 70 kW. Esse funzionano a gruppi separati perchè, mentre per il riscaldamento degli ambienti occorre acqua a 45 °C, per la piscina basta acqua a 23 °C. Un altro impianto interessante è quello per riscaldamento a distanza della Technisches Hochschule di Zurigo. In un sotterraneo sono installate 3 termopompe ciascuna che utilizzano il calore delle acque del fiume Limmat per produrre acqua a circa 70 °C; secondo che l'acqua del fiume è a 2 °C od a 16 °C la potenzialità di ciascuna termopompa è 1,5 oppure 2,5 milioni di calorie/ora; ogni termopompa sfrutta una portata di circa 1 m³/sec, abbassando la temperatura dell'acqua del fiume di circa 1 °C. In condizioni normali l'impianto potrà erogare circa 16 miliardi di calorie all'anno, di cui circa i due terzi sono derivate dalle acque del Limmat. Con la prossima installazione di un accumulatore di calore l'erogazione potrà essere portata a 20 miliardi di calorie/anno. La utilizzazione della potenza installata è di circa 4000 ore. Due delle 3 termopompe sono del tipo a turbocompressore e una a stantuffo; le prime lavorano con freon con un salto di pressione da 0,3 a 3,5 kg/cm²; la terza lavora con ammoniaca fra 5 e 46 kg/cm². Ogni termopompa è comandata da un motore sincrono da 1000 kW. Per il riscaldamento degli Uffici comunali di Zurigo è stato pure installato un impianto di termocompressione. La massima richiesta di calore nei giorni più freddi è di 3 milioni di calorie/ora, ma l'impianto di termocompressione è proporzionato per il carico base di 1,5 milioni di calorie/ora che può coprire dall'8o al 90 % del fabbisogno totale. Le macchine sono distribuite in 4 gruppi così da poter realizzare diverse condizioni di carico secondo le esigenze. Anche questo impianto sfrutta il calore delle acque del fiume Limmat. Come fluido è impiegata l'ammoniaca. Per ogni kWh impegnato si rendono disponibili circa 2400 calorie. Il vecchio impianto di riscaldamento a combustibile consumava circa 900 tonnellate di carbone; l'impianto di termocompressione permette di risparmiarne oltre 750 tonnellate. *N.*

A. Baumann — **Alcuni grandi impianti di pompe di calore.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 175 a 180, con 5 fig.). 5 f

L'A espone anzitutto qualche considerazione generale circa gli impianti di termocompressione ricordando specialmente come essi risultino particolarmente convenienti quando si tratti di grandi quantità di calore perchè il costo specifico di installazione diminuisce rapidamente col crescere del numero di calorie/ora erogabili; in proposito sono anche riportati alcuni dati numerici. Passa poi a descrivere alcuni grandi impianti particolari.

Impianto della Steckborn Kunstseide A. G. a Steckborn. Esso si trova in condizioni particolarmente convenienti: grande disponibilità di acqua del lago di Costanza come sorgenti di calore, potenzialità elevata, funzionamento continuo. Il presistente impianto a combustibile è stato sostituito da due gruppi termopompe che permettono di risparmiare 2100 tonnellate di carbone all'anno. La cifra di merito dell'impianto, nella ipotesi di temperatura di 13 °C per l'acqua del lago e una erogazione di 1,5 milioni di calorie/ora, è di circa 3 ottenendo acqua a 70 °C. Siccome per un particolare servizio occorre acqua ancora più calda si è installata allo scopo un'altra termopompa che utilizza come sorgente di calore l'acqua a 70 °C per riscaldare a una temperatura più alta l'acqua di ritorno dagli impianti di riscaldamento; essa ha una potenzialità di 400 000 calorie/ora; come fluido è usato il vapor d'acqua.

Impianto della E. Technische Hochschule di Zurigo. Sono installate due termopompe per la copertura della base del diagramma di richiesta, mentre una terza termopompa sopperisce alle punte. L'acqua da cui si prende il calore nell'evaporatore può scendere a una temperatura di 1,5 °C, e naturalmente bisogna evitare la formazione di ghiaccio entro l'evaporatore; la temperatura dell'acqua calda da immettere nell'impianto di termosifoni preesistenti deve essere almeno di 75 °C. Le condizioni non sono quindi molto favorevoli. Le due termopompe di base sono proporzionate per una potenzialità di 1,5 a 2,5 milioni di calorie/ora; a seconda della temperatura della sorgente fredda, che può variare da 2 a 16 °C, si ottiene acqua calda a temperatura fra 68 e 75 °C. La cifra di merito varia fra 2,8 e 3,2. Si calcola che l'impianto permetta di risparmiare 2600 tonnellate di carbone all'anno.

Impianto di riscaldamento industriale. In una grande fabbrica si è adottata la termocompressione per sopperire al riscaldamento degli uffici e dei locali di lavoro. L'impianto di riscaldamento è proporzionato per temperatura dell'acqua in arrivo fra 40 e 50 °C. La termopompa si avvia quando la temperatura degli ambienti lo richiede e si ferma quando essa ha raggiunto il valore stabilito, cosicchè essa funziona quasi esclusivamente a pieno carico e quindi con rendimento elevato. La termopompa fornisce da 1,5 a 2 milioni di calorie/ora; su 1410 ore di funzionamento il carico medio è risultato di 1,65 milioni di kWh, con una cifra di merito, media, di 4, vale a dire che del calore fornito solo la quarta parte è fornita dall'energia elettrica e il resto dalla sorgente fredda. Per migliorare il diagramma di carico della centrale di alimentazione si provvede ad arrestare la termopompa durante la punta massima giornaliera del diagramma stesso, cioè dalle ore 10 alle 12; ne deriva un abbassamento poco sentito, circa 0,5 °C) nella temperatura dei locali, grazie alla funzione di accumulazione di calore esplicata dalle pareti degli edifici.

La pompa di calore ad aria. Per il condizionamento dei locali, per la utilizzazione delle uscite di aria calda o di vapore di scarico la termopompa ad aria presenta larghe possibilità. Un esempio è costituito dall'impianto del Kon-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

gresshaus di Zurigo dove la termopompa fornisce 50 000 calorie/ora per riscaldamento e sottrae 27 000 cal/ora per la refrigerazione. Una termopompa ad aria con ruota a celle Lèbre è stata installata nella cartiera Landquart per riscaldare l'aria destinata all'asciugamento dei feltri della continua, con una potenzialità di 115 000 cal/ora con una cifra di merito di 2,78.

Sempre più vaste applicazioni sono prevedibili per la termocompressione negli impianti di evaporazione e concentrazione, specialmente funzionanti sotto vuoto. *N.*

R. Peter — **Sviluppo e convenienza degli impianti di termopompe** (E. Verwertung, 1943-44, N. 7-9, pag. 117 a 128, con 15 fig.). **5 f**

Si possono distinguere 4 tipi principali di impianti di pompe di calore, sebbene gli aspetti particolari che essi possono assumere nei singoli casi siano svariatissimi. La prima categoria è quella delle termopompe negli impianti di evaporazione utilizzando il calore dei vapori uscenti da processi di concentrazione di soluzioni per continuare i processi stessi senza ricorrere a sorgenti esterne di calore; questi impianti sono specialmente diffusi nelle industrie chimiche. La seconda categoria è quella degli impianti di cottura, spesso intermittenti, di sostanze organiche, specialmente per industrie alimentari. Un'altra categoria è costituita da impianti di termopompe per riscaldamento industriale, che utilizzano per lo più il calore di acque di varia origine e talora anche dell'ambiente; essi sono di solito caratterizzati da un forte salto di temperatura e da una forte utilizzazione annua. L'ultima categoria è quella degli impianti per riscaldamento di ambienti durante l'inverno, con utilizzazione annua molto ridotta. I più convenienti dal punto di vista economico sono gli impianti della prima categoria che possono avere utilizzazione anche continua per tutto l'anno; in media si ottiene in essi da 10 000 a 7000 calorie per kWh consumato, corrispondenti quindi a un risparmio di 1,5 a 1 kg di carbone/kWh circa. Quelli della seconda e terza categoria presso a poco si equivalgono come convenienza permettendo in media di ottenere da 3500 a 7000 cal/kWh (0,5 a 1 kg di carbone/kWh). La quarta categoria presenta la minima convenienza, con una efficacia di 1800 a 5000 calorie/kWh (0,25 a 0,7 kg di carbone/kWh). La convenienza di un impianto di termopompe è in generale tanto più grande quanto minore è il salto di temperatura, il che è come dire quanto minore il consumo di energia nella termopompa. Negli impianti di evaporazione il salto di temperatura può essere contenuto in limiti fra 5 e 30 °C, mentre negli altri impianti si richiedono da 30 a 60 °C. Quest'ultimo valore non dovrebbe mai essere superato e perciò nel caso degli impianti di termopompe per riscaldamento di locali conviene proporzionare l'impianto per valori di temperatura esterna non troppo bassi predisponendo un mezzo ausiliario per far fronte al maggior fabbisogno dei periodi di massimo freddo. Perchè un impianto di termopompe sia conveniente è necessario che la potenza sia rilevante perchè col crescere di essa diminuisce rapidamente l'onere dovuto al costo di impianto riferito alla caloria utilizzata. Gli impianti di evaporazione sono quelli che costano meno, mentre quelli per riscaldamento domestico costano da 2 a 3 volte di più e perciò riescono convenienti soltanto se sono di potenza molto rilevante. Di fondamentale importanza è poi il valore della utilizzazione, cioè il numero di ore annue di funzionamento riferito alla potenzialità installata. Condizioni particolarmente favorevoli si hanno quando si possa combinare l'azionamento di una termopompa con una turbina a vapore a contropressione, in impianti di evaporazione. L'A. illustra numerosi esempi di impianti di termopompe di vario tipo riportandone i principali dati caratteristici. *N.*

CONDUTTURE.

Th. Lehne — **Materie prime tedesche nella costruzione di cavi e di conduttori.** (E. Wirtschaft, 5 agosto 1943, pagina 265 a 270, con 13 fig.). **9 d**

Nel 1939 la produzione mondiale di energia elettrica fu di circa 37,5 miliardi di kWh dei quali 37,6 % spettano agli Stati Uniti. Nello stesso anno furono fuse 2,3 milioni di tonnellate di rame di cui il 32,3 % spetta agli Stati Uniti, mentre la produzione europea è estremamente scarsa e altrettanto deve dirsi dello stagno. La produzione dello zinco nel 1939 raggiunse 1,7 milioni di tonnellate di cui 474 000 nella Germania. Per il piombo la produzione mondiale nel 1938 fu di 1,6 milioni di tonnellate di cui oltre mezzo milione in Germania. Per l'alluminio su 579 000 tonnellate di produzione mondiale, 271 000 tonnellate spettano alla Germania. La produzione della gomma naturale fu, nel 1939, di circa un milione di tonnellate; non si hanno dati attendibili circa la produzione della gomma sintetica; pare che la produzione americana abbia raggiunto nel 1940 le 700 000 tonnellate e quella russa del 1939 le 120 000 tonnellate. L'alluminio è stato usato al posto del rame specialmente nei cavi in carta per correnti forti; con buona costruzione si è raggiunto un fattore di riempimento del 95 %. L'ottone è usato come conduttore solo in rari casi. Negli ultimi anni di guerra si è esteso l'uso del ferro come conduttore; esso è opportuno specialmente dove si ha più riguardo alla resistenza meccanica in relazione alla sezione che non alla conduttività; il ferro ha il vantaggio di poter utilizzare qualunque tipo di morsetteria. È avviata la sostituzione del piombo delle camicie dei cavi con alluminio al 99,99 %, ma restano da risolvere ancora alcuni dettagli tecnici. Non esiste un materiale non metallico che abbia nei riguardi della protezione contro l'umidità la stessa efficacia dei materiali metallici; ci sono tuttavia certe miscele di protodur e simili che mantengono per molti anni un valore di isolamento sufficientemente elevato per essere usate come camicie dei cavi. Per quanto riguarda le proprietà isolanti di materiali artificiali l'A. riporta una tabella di dati relativi a miscele di gomma artificiale, o di bitumi o a base di igelite confrontandoli con miscele al 25 % di gomma naturale che a 20 °C ha resistività di 10^{14} fino a 10^{15} ohm cm e una rigidità di 20 kV/mm; le miscele di gomma naturale differiscono poco e così pure certe miscele di bitume adoperate per la costruzione di conduttori isolati; le caratteristiche delle miscele di igelite sono alquanto variabili e dipendono anche, in misura notevole, dalla temperatura. Per le proprietà meccaniche le miscele a base di gomma naturale o artificiale differiscono poco (fuorchè per la resistenza a trazione, alquanto più elevata per la gomma naturale); la igelite ha una resistenza elevatissima e si presta quindi molto bene per la protezione di conduttori. Le sete artificiali hanno minore resistenza a trazione di quella naturale, fuorchè il tipo Perlon che ha una resistenza elevatissima e si presenta come un nuovo materiale molto promettente. Fra i moltissimi materiali isolanti in fogli emerge lo stiroflex, con piccolissimo fattore di perdite e resistività di 10^{16} ohm cm. Come materiali resistenti al calore era da tempo usato l'amianto e, più recentemente, i tessuti di vetro; recentemente negli Stati Uniti si è riusciti ad ottenere su larga scala la produzione di fibre di vetro del diametro costante di 5 micron; le caratteristiche meccaniche migliorano col diminuire del diametro delle fibre. L'A. riporta poi notizie circa la costruzione e la composizione di vari tipi di cavi costruiti con materiali di sostituzione, illustrandone le caratteristiche. *Ri.*

H. Almers - G. Schnaus — **Sul problema della sezione dei conduttori nella distribuzione dell'energia.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1944, pag. 55 a 60, con 7 fig.). **9 f**

Nella costruzione delle linee di trasporto di energia si usano conduttori di tipi assai diversi, in rame, alluminio-aldrey, acciaio e conduttori composti rame-acciaio, alluminio-acciaio ecc.; le sezioni in uso sono pure moltissime. L'A. si chiede se non sia possibile ridurre il numero di tipi, con che si realizzerebbero parecchi vantaggi. Naturalmente contro ad essi stanno anche inconvenienti in quanto qualche volta si sarà costretti a usare conduttori di sezione superiore a quella minima sufficiente, tuttavia sembra all'A. che i vantaggi siano largamente preponderanti. Esaminando le sezioni più frequentemente in uso l'A. avanza proposte concrete circa le riduzioni possibili. Analoghe considerazioni si possono avanzare riguardo ai cavi. Alla riduzione del numero delle sezioni non si oppongono difficoltà di genere tecnico. Tale provvedimento avrebbe anche notevoli conseguenze economiche; da una parte si ottiene una riduzione di costo di produzione dei conduttori, dall'altro si hanno maggiori oneri di impianto e di esercizio perchè è meno facile avvicinarsi alla sezione di massima convenienza. L'A.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

scrive la espressione generale del costo di trasmissione di un kWh tenendo conto di tutti i fattori che possono influirvi come pure le espressioni della tensione e della sezione di massima convenienza per dati valori della distanza, del carico e delle ore di utilizzazione annue, traducendole anche in diagrammi. La discussione porta a concludere che la abolizione di un certo numero di sezioni non ha gravi conseguenze economiche purchè le sezioni che si mantengono come disponibili non siano troppo distanziate fra loro. In un altro diagramma sono riportate le curve che rappresentano l'andamento del costo del kWh trasportato, per una distanza di 150 km e per 4380 ore annue di utilizzazione, in funzione della potenza e delle diverse sezioni dei conduttori. Detti costi variano di assai poco se la distanza varia fra 50 e 250 km, per la parte che riguarda soltanto i conduttori. L'A. si addentra in una minuta analisi delle variazioni di costo di trasmissione in funzione della sezione dei conduttori, considerando il caso di linee a una sola terna oppure a due terne. Come conclusione della ricerca svolta l'A. afferma che dal punto di vista economico non vi sono difficoltà a che si riduca il numero delle sezioni di conduttori ammessi se si toglie, dalla lista delle sezioni attualmente ammesse, un valore lasciando sempre ammessi i due immediatamente adiacenti. *Ri.*

IMPIANTI.

Struttura e sviluppo dell'industria elettrica nell'Africa settentrionale francese. (E. Verwertung, 1942-43, pag. 72 a 77, con 2 fig.). **20 i**

La elettrificazione, cominciata nelle principali città è poi andata estendendosi col diffondersi della colonizzazione. La maggior parte degli impianti di produzione di energia sono di carattere termico e richiede una forte importazione di combustibile; fa eccezione il Marocco nel quale la maggior parte dell'energia è prodotta per via idraulica. L'Algeria conta importanti depositi di combustibili solidi i quali però sono lontani dalla costa dove si trovano le centrali; i mezzi di trasporto sono piuttosto scarsi; altre difficoltà provengono dalla scarsezza di mano d'opera. Tutto ciò spiega perchè non si sia ancora realizzato un piano organico per la produzione e distribuzione dell'energia elettrica. La produzione è stata di circa 235,5 milioni di kWh nel 1936 e di 261,5 milioni di kWh nel 1940 (di essi, 214,5 milioni di kWh prodotti termicamente e circa 47 milioni di kWh di produzione idraulica). Recentemente sono stati messi in costruzione e parzialmente ultimati parecchi piccoli impianti idroelettrici. Fra altri il più importante è quello di Ued-Fodda presso Orléansville: una diga alta 90 m produce un lago di 225 milioni di m³ dei quali 100 milioni di m³ disponibili per produrre energia elettrica su un salto di 100 m (il resto è destinato a irrigazione); la potenza installata è di 11 000 kW e la produzione annua di circa 14,5 milioni di kWh. Un altro importante sbarramento è quello della diga del Ghrib, presso Dollfusville, dove è installata una centrale di 4500 kW per 10 milioni di kWh annui. Si conta di poter ricavare altri 100 milioni di kWh annui mediante la costruzione di 10 nuovi serbatoi per un complesso di 700 a 900 milioni di m³, da destinarsi in parte per produzione di energia e per il rimanente a scopi di irrigazione. Così la capacità di produzione idroelettrica dell'Algeria sarebbe portata a 150 milioni di kWh annui, costituendo il 40 % della produzione totale. Nel 1940 è stata decisa la costruzione di una linea a 90 kV da Orano al confine marocchino. L'industria elettrica marocchina è meno sviluppata di quella dell'Algeria: la produzione annua di energia è di 180 a 200 milioni di kWh, dei quali circa 160 milioni di origine idraulica. Mediante un impianto in costruzione si conta di arrivare presto a 250 milioni di kWh annui: si tratta della utilizzazione del Oum er Rebia; con una diga alta 110 m si produce un lago di 20 km² di superficie con un invaso utilizzabile di 9 miliardi di m³; la centrale alla base della diga, permetterà, grazie a favorevoli circostanze, di realizzare una forte produzione annua di energia. A valle di tale impianto ne è previsto un altro, con una caduta di 80 m, per una produzione di 100 milioni di kWh. Le risorse idriche dell'Atlante marocchino permetterebbero una produzione annua di 3 miliardi di kWh. Per quanto riguarda la Tunisia lo sfruttamento idroelettrico è ancora agli inizi sebbene l'Atlante tunisino presenti parecchie possibilità. La maggior parte dell'energia impiegata in Tunisia viene prodotta termicamente; si tratta di circa 65 a 75 milioni di kWh annui. Un piano organico razionale potrebbe considerare lo spostamento dell'energia idroelettrica degli impianti dal Marocco in Algeria e l'alimentazione della Tunisia mediante le centrali termiche algerine; ma le grandi distanze (2500 km da Tunisi a Casablanca) rendono difficili i collegamenti. *N.*

J. Moser — **Aumento della potenza delle centrali idrauliche.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 4-5, pag. 77 a 82). **20 a**

Quando si voglia studiare la possibilità di aumentare la capacità di produzione di una centrale idroelettrica si possono prendere in considerazione: il salto, la portata e il rendimento. Per quanto riguarda il salto bisogna cercare di rendere minime le perdite di carico nei canali di adduzione e di restituzione adottando piccole velocità e buone condizioni di flusso; anche le griglie se troppo strette danno luogo a perdite non trascurabili che possono essere ridotte, qualora le condizioni lo permettano, aumentando lo scartamento dei barrotti, e curando la pulizia periodica adottando anche nei grandi impianti, macchine speciali. Nel caso di tubazioni forzate bisogna curare che le derivazioni dal collettore finale abbiano forme opportune evitando curve strette e brusche variazioni di sezione; collettori difettosi vanno senz'altro sostituiti o modificati. Nei canali di adduzione sono da eliminare i bruschi cambiamenti di direzione i quali possono dar luogo a formazione di vortici che si propagano talora fino alla turbina. Un altro fattore importante per aumentare l'energia ricavabile da una centrale è l'opportuno dimensionamento delle turbine per l'utilizzazione della massima portata conveniente, tenendo conto che nelle turbine moderne il rendimento si mantiene buono anche a carichi fortemente ridotti (25 a 30 %). Trattandosi di migliorare vecchie centrali bisogna cercare di eliminare le trasmissioni meccaniche fra turbina e generatore, adottando l'accoppiamento diretto o, quando sia inevitabile una variazione di giri, ricorrendo a ingranaggi di precisione con lubrificazione automatica. Spesso può convenire la sostituzione completa di vecchie turbine con altre di costruzione più moderna che permettano di ottenere rendimenti notevolmente più elevati, sia a pieno carico sia, ancor più, ai carichi ridotti. Vanno sorvegliate le varie parti dell'impianto. In qualche caso la sabbia sospesa nell'acqua provoca forti corrosioni nelle palette, negli ugelli, negli aghi delle Pelton ecc., con conseguente diminuzione del rendimento. Secondo l'A. la Casa Escher Wyss ha avuto occasione di rimodernare in questi ultimi anni 35 piccole centrali, nelle quali ha ottenuto complessivamente un aumento del 60 % nella potenza, passata da 4300 kW a 7000 kW; di tale aumento circa il 34 % è dovuto ad aumento di portata utilizzata, il 10 % circa ad aumento della altezza di salto e l'8 % circa a aumento del rendimento. L'A. illustra alcuni casi tipici. Fra essi è notevole quello di una centrale contenente 3 gruppi con turbine Francis ad asse orizzontale per salto da 6,4 a 9,1 m e portata 4,5 m³/sec, 500 giri/min, 210 a 346 kW, costruite nel 1936; esse furono sostituite con una unica turbina Kaplan, con che il rendimento è passato, per una larga zona di valori del carico, da circa 70 % a oltre 90 %; la produzione annua di energia è aumentata del 40 %, cioè di 500 000 kWh. *N.*

RADIOTECNICA.

F. Bruno — **Studio sui circuiti oscillanti e loro accoppiamento.** (Radioindustria, N. 103-105, pag. 263 a 267, con 6 fig.). **34 c**

Come filtri di banda si usano quasi esclusivamente filtri di accoppiamento a due circuiti, che si compongono di due circuiti oscillanti accoppiati a mezzo di una qualsiasi resistenza apparente. Un circuito ad accoppiamento induttivo è spesso usato nella reazione delle medie frequenze; le bobine dei due circuiti sono avvicinate in modo tale che i campi magnetici si tagliano derivandone una mutua induzione. L'accoppiamento capacitivo di corrente è invece usato spesso per filtri di banda in alta frequenza: le capacità sono collegate al conduttore comune per mezzo di un con-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

densatore di accoppiamento. Per speciali realizzazioni si usano circuiti ad accoppiamento capacitivo di tensione, nei quali gli estremi dei circuiti oscillanti si collegano per mezzo di una capacità praticamente piccola. Considerando un filtro in cui i due circuiti siano con precisione sintonizzati ad una frequenza fonica, se l'accoppiamento è estremamente basso, il circuito trasmette una piccolissima quantità di energia ad un secondo circuito e la curva di risonanza sarà quindi molto acuta; aumentando l'accoppiamento aumenta pure la traslazione di energia al secondo circuito, che rifletterà parte di essa al primo circuito e ne risulterà una curva di risonanza con una punta più piatta. Per un certo grado di accoppiamento, detto critico (risultante eguale all'angolo di perdita medio dei due circuiti), si ottiene una massima tensione del circuito accoppiato. Il valore della tensione risultante al secondo circuito, alla frequenza di risonanza, è dipendente dal rapporto del grado di accoppiamento con l'accoppiamento critico; crescendo l'accoppiamento, la tensione ai capi del circuito secondario ha un decorso prima ripido, poi più dolce fino al punto in cui il suddetto rapporto diviene eguale ad uno; da questo punto in poi la tensione tende a diminuire; la curva di risonanza per un accoppiamento sopra-critico presenta due punte e la diminuzione del potere di traslazione alla frequenza di risonanza è dovuta alla sella fra le due punte, che sarà tanto maggiore quanto maggiore è l'accoppiamento. L'A. svolge poi un esempio di applicazione di quanto esposto, al caso della amplificazione di uno stadio a filtro di banda; presenta il circuito e ne svolge la teoria presentando le formule per il calcolo del dimensionamento dei vari elementi del circuito stesso. Passa poi a descrivere la realizzazione di un amplificatore di media frequenza costituito da due circuiti a filtro di banda e ne ricava la espressione del guadagno e del grado di selettività. *Ri.*

A. Pascucci — **Moderni oscillatori di audiofrequenza.** (Radioindustria, N. 103-105, pag. 253 a 258, con 15 fig.). 34 c

Quando si tratti di generare frequenze acustiche entro una gamma di frequenze relativamente ampia e con continuità il tipo di oscillatore adottato è quasi unicamente quello a battimenti. L'A. descrive alcuni tipi di apparecchi diversi da quelli a battimenti. Una delle prime realizzazioni è stata quella dell'oscillatore 608-A della G.R.C. L'accoppiamento fra i due tubi elettronici è diretto, in modo da eliminare ogni sfasamento variabile con la frequenza; la regolazione del contenuto di armoniche è ottenuta portando al minimo la reazione; un « occhio magico » inserito nel circuito di uscita permette di controllare la tensione di uscita e di constatare che il circuito oscilla anche quando la reazione è portata al minimo. Nelle condizioni normali di lavoro questo oscillatore fornisce una potenza di circa 250 mW, con una percentuale di distorsione inferiore a 0,1 % anche a 20 Hz. Si è potuto arrivare anche a frequenza di un herz con eccellente forma d'onda. L'uso della reazione negativa ha reso possibile la realizzazione di oscillatori interessanti per la loro semplicità e per le favorevoli doti di basso contenuto di armoniche e alta stabilità di ampiezza e di frequenza. L'A. illustra l'oscillatore di Termann-Buss, nel quale la variazione di frequenza è determinata da un dispositivo a resistenze e capacità; gli AA. asseriscono di avere ottenuto, da un oscillatore ricoprente la gamma di frequenze da 20 a 20 000 Hz, una tensione di uscita costante entro il 10 % dell'intera gamma con una distorsione del 0,25 %; essi hanno costruito oscillatori di tale tipo per frequenze fino a oltre 2 MHz. Viene descritto un oscillatore commerciale basato su detto circuito, a larga banda, in modo che si prestasse per rilievi, oltrechè nel campo puramente elettroacustico, anche in quello delle frequenze ultracustiche e della telefonia a radiofrequenza. Tutti i circuiti di cui si è fatta parola sebbene si presentino di più facile realizzazione di quelli a battimenti, comportano però almeno due tubi elettronici per ottenere la sezione puramente oscillatrice più l'eventuale sezione amplificatrice. Si è però studiato un circuito atto a generare oscillazioni a bassa frequenza con continuità in una gamma sufficientemente vasta e comportante un solo tubo elettronico quale oscillatore; questo consente di realizzare oscillatori economici, compatti e leggeri. Tale circuito è essenzialmente costituito da due cellule resistenza-capacità del tipo a « T » collegate in parallelo. Studiando il circuito si dimostra che, per particolari valori dei parametri, il segnale sull'uscita si trova ad essere in fase opposta e con una certa ampiezza diversa da zero rispetto a quello di entrata. Il valore delle frequenze di lavoro del circuito può essere variato con continuità variando con continuità i valori delle resistenze o delle capacità; 3 potenziometri in tandem o 3 condensatori permettono di ricoprire senza inconvenienti un campo di frequenza di 1 a 10. Vengono presentate due realizzazioni commerciali di tale circuito. Uno è un oscillatore modulato di radiofrequenza nel quale lo stadio modulatore è realizzato in modo da permettere di effettuare la modulazione ad una qualsiasi frequenza fra 50 e 5 000 Hz. Il secondo è un oscillatore di audiofrequenza di tipo economico, portatile, ad un solo tubo elettronico. Commutando i condensatori sono ottenute 3 gamme di frequenze, 20 a 200; 200 a 2 000; 2 000 a 20 000; la tensione di uscita massima è di circa 5 V, costante entro circa 3 db. *Ri.*

N. Callegari — **La rivelazione di ostacoli a distanza.** (Radioindustria, agosto-ottobre 1943, pag. 241 a 245, con 8 fig.). 34 v

Il principio fondamentale di funzionamento del localizzatore di ostacoli non è molto diverso da quello degli ecometri che misurano la distanza di un oggetto dal tempo di riflessione di un'onda sonora o ultrasonora. Nel caso di radio-localizzatori ci si giova di onde radio e particolarmente di onde corte e ultracorte che possono meglio venire riflesse da ostacoli di estensione limitata. La misura della distanza si ha anche qui dal tempo di riflessione dell'onda da parte dell'ostacolo. Ma qui i tempi sono estremamente brevi, di circa 6,66 microsecondi per km; la misura di tali tempi è stata resa possibile dall'oscillografo catodico. Un localizzatore è essenzialmente costituito dai seguenti elementi. Un trasmettitore di onde ultracorte liberate ad impulsi o a guizzi, cioè sotto forma di treni di breve durata; un aereo direzionale per la trasmissione e uno per la ricezione, che può anche essere lo stesso; un ricevitore di onde ultracorte; un oscillografo a raggi catodici sincronizzato con gli impulsi, sul quale vengono confrontati gli impulsi in partenze con quelli in arrivo. In generale i localizzatori su grandi distanze (70 a 100 km) funzionano con onde non eccessivamente corte, mentre quelli per distanze di 20 a 30 km si servono di onde dell'ordine di un metro e anche meno. La necessità di poter distinguere fra due ostacoli posti a breve distanza fra loro rende necessario di ricorrere a impulsi molto ristretti, tali quindi da non sovrapporsi sullo schermo dell'oscillografo; d'altra parte non possono essere troppo sottili, altrimenti non riescono ben visibili; si usano perciò in generale impulsi di 1 a 5 microsecondi. Per la produzione di impulsi così brevi si sono trovate varie soluzioni che si basano sostanzialmente sullo sfruttamento delle frequenze derivabili dai fronti d'onda deformati di una corrente alternata, con l'introduzione di adatte costanti di tempo nei circuiti di griglia o anodici di valvole oscillatrici di grande frequenza, o infine nella sovrapposizione parziale di semiperiodi di corrente alternata a forma rettangolare. Gli impulsi di corrente così ottenuti vengono adoperati per alimentare valvole oscillatrici ad onda ultracorta oppure a sbloccarne i circuiti di griglia rendendo possibile la generazione di treni d'onda della stessa durata dell'impulso modulatore. Anche per la ricezione si devono superare difficoltà gravi per la vastità della banda che il ricevitore deve essere in grado di ammettere; inoltre con una banda così vasta e con l'alta sensibilità che è necessaria, acquista grande importanza il fruscio delle valvole che produce sull'oscillografo una sorta di cortina di impulsi non sincronizzati che rende difficile la identificazione degli impulsi riflessi. Inoltre un altro problema pratico è quello di impedire che una parte importante della energia emessa dal trasmettitore vada a finire nel ricevitore. Sullo schermo dell'oscillografo si vedono in generale non due soli impulsi ma parecchi. La possibilità di riconoscere l'ostacolo è data esclusivamente dalla mobilità dell'ostacolo; in tal caso infatti gli impulsi ricevuti cambiano progressivamente di ampiezza o di altezza secondo il movimento dell'ostacolo relativamente alla direzione delle onde. I localizzatori si possono distinguere in 3 categorie. La prima è quella degli apparecchi a aerei fissi, per grandi distanze; la di-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rezione del fascio d'onde viene variata modificando la fase elettrica dei dipoli riflettori rispetto a quella del dipolo irraggiante. La seconda categoria è quella con aereo mobile per distanza media, onde cortissime, con aereo a 6 coppie di dipoli e riflettore a lamiera o rete metallica o a fili. La terza categoria è quella ad aerei mobili per piccole distanze, onde ultracorte, con due aerei ciascuno con proprio riflettore. L'A. accenna agli artifici studiati per trarre in inganno i localizzatori da parte degli aerei avvicinantisi. *Ri.*

C. Tagliabue — **Note di calcolo sui trasformatori microfonici.** (Radioindustria, N. 103-105, pag. 258 a 261, con 3 fig.). **34 d**

Il trasformatore microfonico ha il compito di accoppiare il microfono al circuito utilizzatore. In sede di progetto è necessario stabilire anzitutto se il secondario di detto trasformatore deve far capo direttamente al circuito di griglia di un tubo amplificatore oppure a un circuito intermedio contenente eventualmente reti di attenuazione, potenziometri ecc. Nel primo caso il trasformatore va considerato alla stessa stregua di un trasformatore intervalvolare, funzionante con secondario aperto. Il carico sul trasduttore è costituito dall'induttanza magnetizzante oppure da reattanze fittizie di circuiti risuonanti ed il rapporto di trasformazione è limitato unicamente dalla capacità distribuita degli avvolgimenti e dall'induttanza. Nel secondo caso, il trasformatore si comporta in modo analogo a un trasformatore di uscita, in cui il carico reale sul trasduttore è costituito dall'impedenza di carico del secondario trasferita al primario. Il rapporto di trasformazione dipende quindi dal rapporto delle impedenze. L'A presenta i circuiti equivalenti del trasformatore nei due casi e ne svolge brevemente la teoria. Dalle considerazioni che vengono svolte si può concludere che nel caso in cui il trasformatore fa capo direttamente al circuito di griglia del tubo, il funzionamento del trasformatore è governato alle frequenze basse dalla induttanza magnetizzante ed alle frequenze alte dalla induttanza dispersa e dalla capacità distribuita: occorre quindi che l'induttanza del primario sia elevata e siano ridotte invece la induttanza dispersa e la capacità distribuita. Nel caso in cui il secondario del trasformatore fa capo a un circuito intermedio, la riproduzione delle basse frequenze è pure legata alla impedenza del primario che deve essere quanto più possibile elevata, mentre per le frequenze alte solamente la induttanza di dispersione entra in conto nel calcolo. In entrambi i casi quindi la condizione di fedeltà può essere raggiunta soltanto con molte spire primarie e con limitato numero di spire totali e piccolo ingombro degli avvolgimenti; condizione che può essere raggiunta soltanto per bassi rapporti di trasformazione incompatibili con un buon rendimento del trasformatore. Ad ovviare l'inconveniente è quindi necessario ricorrere a nuclei di materiali magnetici ad alta permeabilità (mumetal, permalloy ecc.) che consentano di ottenere una condizione di rendimento e di fedeltà favorevoli. I microfoni a bobina hanno in generale una impedenza di qualche decina di ohm e possono quindi venire accoppiati alla griglia con un unico trasformatore posto in prossimità dell'amplificatore. I microfoni a nastro invece, per la loro bassa impedenza, non possono fare capo a linee di una certa lunghezza perchè la resistenza di essa risulterebbe eccessiva e perchè si correrebbe il rischio di avere un rapporto inaccettabile fra segnale utile e segnale disturbo: è allora necessario incorporare nel microfono un primo trasformatore previsto per una impedenza di carico di valore opportuno (in pratica 200 oppure 500 ohm) ed accoppiare la linea alla griglia del tubo mediante un secondo trasformatore. In entrambi i casi l'impiego di nucleo ad alta permeabilità è indispensabile. *Ri.*

STATISTICA.

H. Frymann — **L'economia dell'energia nella Svizzera: ieri, oggi e domani.** (E. Verwertung, 1943-44, N. 2-3, pag. 24 a 32). **36**

Prima della guerra, nel 1938, la Svizzera ha coperto le proprie necessità di energia per mezzo di: 2,8 milioni di tonnellate di carbone, 1,3 milioni di tonnellate di legna, torba, lignite, 0,38 milioni di tonnellate di coke da gas, 260 milioni di m³ di gas, 7,1 miliardi di kWh, e 0,44 milioni di tonnellate di combustibile liquido. Nel 1942, mentre l'importazione di combustibili scendeva a circa 60 % dell'anteguerra, il consumo di energia elettrica si sviluppò grandemente tanto che mentre nel 1936 essa copriva circa il 10 % del fabbisogno (lordo) totale di energia, nel 1941-42 è arrivata al 20 %. Le ferrovie elettrificate hanno consumato 718 milioni di kWh corrispondenti a una economia di carbone di 1,2 milioni di tonnellate. Nel 1938-39 la Svizzera ha asportato 1,56 miliardi di kWh, di cui il 60 % come energia estiva. Negli ultimi 30 anni la produzione di energia elettrica si è quintuplicata. La propaganda fatta dalle Società allo scopo di migliorare il diagramma di carico mediante la diffusione delle applicazioni termoelettriche, aveva portato già prima della guerra, alla installazione di oltre 200 000 caldaie elettriche con un consumo di 400 milioni di kWh; si può ritenere in media che per ogni 100 milioni di kWh si abbia un risparmio di 3800 tonnellate di carbone. I nuovi impianti hanno messo a disposizione nel 1942 e 1943 un incremento di produzione di circa un miliardo di kWh. Negli anni 1940 e 1941 furono venduti per usi domestici o industriali complessivamente 460.000 apparecchi elettrotermici, di cui 36 000 stufe, per una potenza totale di 700 000 kW. Il consumo per illuminazione rappresenta soltanto circa l'1 % del fabbisogno lordo di energia; sebbene tale percentuale sia piccola come consumo, essa rappresenta un importo molto notevole come introito per le Società; non vi è da temere che i progressi della tecnica dell'illuminazione facciano molto diminuire tali introiti, perchè ogni diminuzione di consumo unitario sarà probabilmente compensata da un incremento nel consumo. La energia consumata da motori elettrici rappresentò circa il 68 % dell'energia meccanica totale del Paese, e attualmente si può ritenere arrivi all'80 %. L'ulteriore estensione della elettrificazione delle ferrovie è ostacolata attualmente dalle difficoltà del rifornimento di molti materiali. Nel 1938 vi erano in servizio 35 vetture filoviarie su un totale di 19,4 km di linee, nel 1942 vi erano 101 vetture per 67 km di linee, di cui 22 km in sostituzione di autovetture a combustione interna, con un risparmio di 600 a 650 tonnellate/anno di nafta e di 12,5 tonnellate/anno di lubrificante. Secondo l'A. si potrebbero convenientemente trasformare in filovie altri 60 km di linee automobilistiche, che assorbirebbero circa 3 milioni di kWh all'anno. Resta come futuro campo di possibile larga espansione del consumo di energia elettrica quello delle applicazioni termiche. Qui però si pone la questione delle tariffe, che l'A. discute ampiamente dimostrando come esse non possano scendere sotto un certo limite per giustificare nuovi investimenti da parte dei produttori. Sarà necessario costruire impianti che possano produrre a basso costo unitario e produrre forti quantità di energia invernale. È esposta qualche considerazione circa la concorrenza del gas e dell'energia elettrica. *N.*

Problemi dell'avvenire della industria elettrica svizzera. (E. Wirtschaft, 5 dicembre 1943, pag. 383 a 387, con 3 fig.). **36**

Nel 1938 la Svizzera ha consumato 2,8 milioni di tonnellate di carbone, 1,3 milioni di tonnellate di legno, torba, carbone di legna; 0,38 milioni di tonnellate di cok da gas; 260 milioni di m³ di gas; 7,1 miliardi di kWh; 0,44 milioni di tonnellate di combustibili liquidi. Il riscaldamento domestico ha consumato 2 milioni di tonnellate di carbone e cok, 1,3 milioni di tonnellate di legna e 0,06 tonnellate di combustibile liquido. Lo sfruttamento completo delle risorse idrauliche potrebbe fornire circa 21 miliardi di kWh di cui già è utilizzato un terzo. La utilizzazione delle risorse idrauliche non potrà perciò mai svincolare la Svizzera dalla importazione di combustibili. Durante la guerra le richieste di energia elettrica crebbero assai anche in relazione alla diminuita importazione di combustibili e corrispondentemente crebbe lo sfruttamento degli impianti elettrici: le ore di utilizzazione arrivarono a 5400 nel 1942. Si provvide a limitare la diffusione delle caldaie elettriche a favore degli apparecchi di riscaldamento elettrico in relazione al fatto che le caldaie a vapore utilizzano i combustibili assai meglio di quanto facciano le stufe e gli altri apparecchi domestici a combustibile; si calcola che impiegando a tale scopo 100 milioni di kWh si farebbe un risparmio di 3800 tonnellate di carbone. Per il dopo guerra le prospettive di ri-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

chieste di energia elettrica dipendono dalle seguenti considerazioni. Nella Svizzera vi sono circa 1,1 milioni di appartamenti; in media ogni famiglia consuma 700 kWh. Si possono prevedere notevoli sviluppi del consumo, per scopi elettrodomestici specialmente nel campo del riscaldamento; una famiglia di 4 persone a completo sviluppo dell'elettrificazione domestica dovrebbe consumare circa 5800 a 5900 kWh all'anno e, per il complesso di tutte le famiglie, si arriverebbe a oltre 6 miliardi di kWh. È conveniente che il riscaldamento elettrico si intensifichi il più possibile a scapito di quello a combustibile. Anche il riscaldamento industriale presenta grandi possibilità. Gli 8060 panifici, con soli 550 forni elettrici, hanno consumato nel 1942 circa 32 milioni di kWh; la completa elettrificazione porterebbe il consumo a circa 320 milioni di kWh. Le industrie della lavorazione delle carni che nel 1942 ha consumato 1,8 milioni di kWh per scopi di riscaldamento, potrebbe arrivare a 13 milioni di kWh annui. L'industria alberghiera ha consumato nel 1942 circa 34 milioni di kWh per le cucine e 41 milioni di kWh per acqua calda, ma potrebbe arrivare a 400 milioni di kWh per le cucine e a 600 milioni di kWh per gli scaldacqua. Le ferrovie elettrificate trasportano già circa il 95 % del traffico totale e non può quindi attendersi un grande ulteriore sviluppo; anche le filovie potranno portare un ulteriore consumo di pochi milioni di kWh. L'industria conta 175 000 motori elettrici installati per una potenza totale di 700 000 kW e non ci sono da attendersi grandi sviluppi. Non sembra vi siano da attendersi forti aumenti neanche per il riscaldamento elettrico. Le industrie metallurgiche, chimiche, ceramiche hanno installato 1600 forni elettrici per 130 000 kW e l'industria dell'alluminio rappresenta una potenza pressochè eguale; varie considerazioni fanno ritenere che nel dopo guerra le nuove applicazioni saranno scarse nella grande industria e forse più frequenti nella piccola industria; ha però grande importanza la politica di tariffe che sarà possibile di applicare. *Ri.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

Angele — **Reinserzione automatica per la rimessa in servizio di linee colpite da perturbazioni di breve durata.** (E. Wirtschaft, 5 gennaio 1944, pag. 9 a 11, con 2 fig.). **40 d**

Nelle reti a media tensione vi sono molte cabine non presidiate le quali sono munite di protezione selettiva sulle linee, spesso numerose, che ad esse si collegano. Se avviene un guasto su un tronco di linea fra due di tali cabine, scattano i relativi interruttori e il tronco di linea viene posto fuori servizio finchè non interviene il personale a richiudere gli interruttori o ad eliminare il guasto. Le statistiche hanno dimostrato che soltanto il 20 % degli incidenti che avvengono sulle reti a media tensione hanno carattere permanente e sono quindi veri guasti, mentre nell'80 % dei casi si tratta di incidenti momentanei che scompaiono rapidamente. In tutti questi casi quindi una pronta reinserzione degli interruttori scattati permette di mantenere la continuità del servizio. L'A. illustra il caso di una rete comprendente 4 cabine e costituente un anello di 75 km con una cabina principale, un'altra presidiata e due non presidiate; gli interruttori sono del tipo ad espansione e i coltelli sono manovrabili a mano. La rete era soggetta a frequenti incidenti ma l'osservazione appositamente disposta dimostrò che si trattava quasi sempre di cause passeggere. Si decise allora di adottare un sistema di reinserzione automatica. Esso fu studiato con i seguenti criteri. La richiusura doveva essere provocata dalla stessa apertura dei contatti dell'interruttore; il tempo di prova, cioè il tempo durante il quale l'automatismo prova, mediante la richiusura, se il guasto è scomparso oppure no, non doveva superare ½0 secondi; nel caso di richiusura non efficace, per il persistere del guasto, il dispositivo di richiusura doveva venire messo fuori servizio; il dispositivo automatico doveva, dopo ogni manovra ritornare in posizione di manovra per poter intervenire nel caso di un successivo incidente. L'A. illustra la costituzione e il funzionamento di un dispositivo automatico di richiusura studiato per realizzare queste direttive; esso comprende una serie di relè e un motorino sincrono di comando; nel caso in cui la richiusura non riesca, il motorino viene messo fuori circuito e corrispondentemente una segnalazione viene inviata alla cabina presidiata vicina per avvertire il personale. Speciali precauzioni sono state prese per evitare difettoso funzionamento dell'apparecchio e specialmente il verificarsi di susseguirsi di aperture e richiusure; il dispositivo viene bloccato dopo 3 richiusure non efficaci. *Ri.*

CRONACA TECNICA

APPLICAZIONI AGRICOLE.

4 Considerazioni sull'**essiccazione elettrica dell'erba** sono esposte in « E. Verwertung » (1944-45 N. 1-3, pag. 30). I primi tentativi di simile procedimento cominciarono nella Svizzera nell'anno 1937, ma la diffusione degli essiccatori elettrici d'erba si iniziò soltanto dopo il 1939. Apposite ricerche scientifiche hanno messo in evidenza che l'erba essiccata per via elettrica ha migliori proprietà fisiologiche, come nutrimento per il bestiame, di quella essiccata nel solito modo per via naturale; in particolare si ottiene nel fieno un maggior contenuto di proteine; in proposito influisce assai la temperatura a cui l'essiccazione si compie; essa varia, secondo il tipo di essiccatore, fra 115 e 130 °C. Da statistiche riportate e relative a parecchi essiccatori installati nella Svizzera si deducono i seguenti consumo unitari di energia. Essiccatore con ricupero di calore, da 610 kW: 53,5 kWh per 100 kg di erba fresca (80 % di umidità) e 344 kWh per 100 kg di erba secca (10 % di umidità). Essiccatore con inserzione semiautomatica dei corpi saldanti, da 450 kWh: consumo di 67,8 kWh per 100 kg di erba fresca e 308 kWh per 100 kg di erba secca. Essiccatore con caldaia elettrica da 800 kW: 71,2 kWh per 100 kg di erba fresca e 323 kWh per 100 kg di erba secca. Per essiccatori comuni senza ricupero e senza automatismi i consumi variano circa da 69 a 80 kWh per 100 kg di erba fresca e fra 313 e 365 kWh per 100 kg di erba secca. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

5 f Negli **impianti di termocompressione,** quando i volumi in gioco sono dell'ordine di 200 fino a 12 000 m³/h, si possono usare vantaggiosamente compressori del tipo a capsulismo, specialmente se il grado di compressione è piccolo. Notizie in proposito sono date in « E. Verwertung », 1943-44, N. 7-9, pag. 182). Un esempio di impianto è dato da una fabbrica di latte in polvere. Con una potenza impegnata di circa 64 kW si produce l'evaporazione di circa 710 litri/ora di acqua. Prove proseguite per 14 giorni hanno dati i seguenti risultati: acqua evaporata 222 tonnellate, energia consumata 11 270 kWh, calore totale fornito 132 miliardi di calorie. Altro esempio è quello di un impianto di produzione d'acqua distillata da 700 litri/ora con acqua fredda a 15 °C che ha dato i seguenti risultati: potenza impegnata 39,8 kW, calore totale fornito 374 000 calorie/ora. *N.*

STATISTICA.

36 Sull'**industria elettrica svedese** sono date notizie in « E. Verwertung » (1943-44, N. 6, pag. 93). Durante gli anni di guerra è proseguito il lavoro di costruzione dei nuovi impianti, ad onta delle grandi difficoltà per i materiali ecc. Le risorse idrauliche del Gotaland e del Svealand sono ormai utilizzate per oltre l'80 %, mentre più arretrata è l'utilizzazione nelle zone nordiche. I nuovi impianti costruiti durante la guerra rappresentano una disponibilità d'oltre 4 miliardi di kWh, di cui 2,240 kWh in impianti statali. Le più importanti delle nuove centrali statali sono le seguenti: Midskogforsen 160 000 kW, Tropshammer 92 000 kW, Hojum 90 000, Stadsforsen 90 000 kW, ecc. Fra le nuove centrali private la più importante è quella di Krangede per 175 000 kW; segue Järpsträmmen per 109 500 kW ecc. La capacità di accumulazione totale nei bacini di ritenuta è aumentata durante la guerra da 1811 milioni di kWh a 3000 milioni di kWh. Sono state costruite due nuove linee di trasmissione a 220 kV. È stato costruito un impianto sperimentale di trasmissione di energia a corrente continua a 90 000 V. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

IMPORTANTI COSTRUZIONI DELLA C.G.E. NEL CAMPO DEI TRASFORMATORI

Sottostazione di Bressanone della Società Idroelettrica Alto Adige

Trasformatori trifasi a tre avvolgimenti con raffreddamento a circolazione di olio, con isolatori passanti laterali per installazione in caverna.
(3 unità da 35000 e 2 da 18750 kVA, 10000/135000 - 67500 volt).

CGE

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO

INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

BIBLIOTECA NAZIONALE V.E.-ROMA -5 APR 1946

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

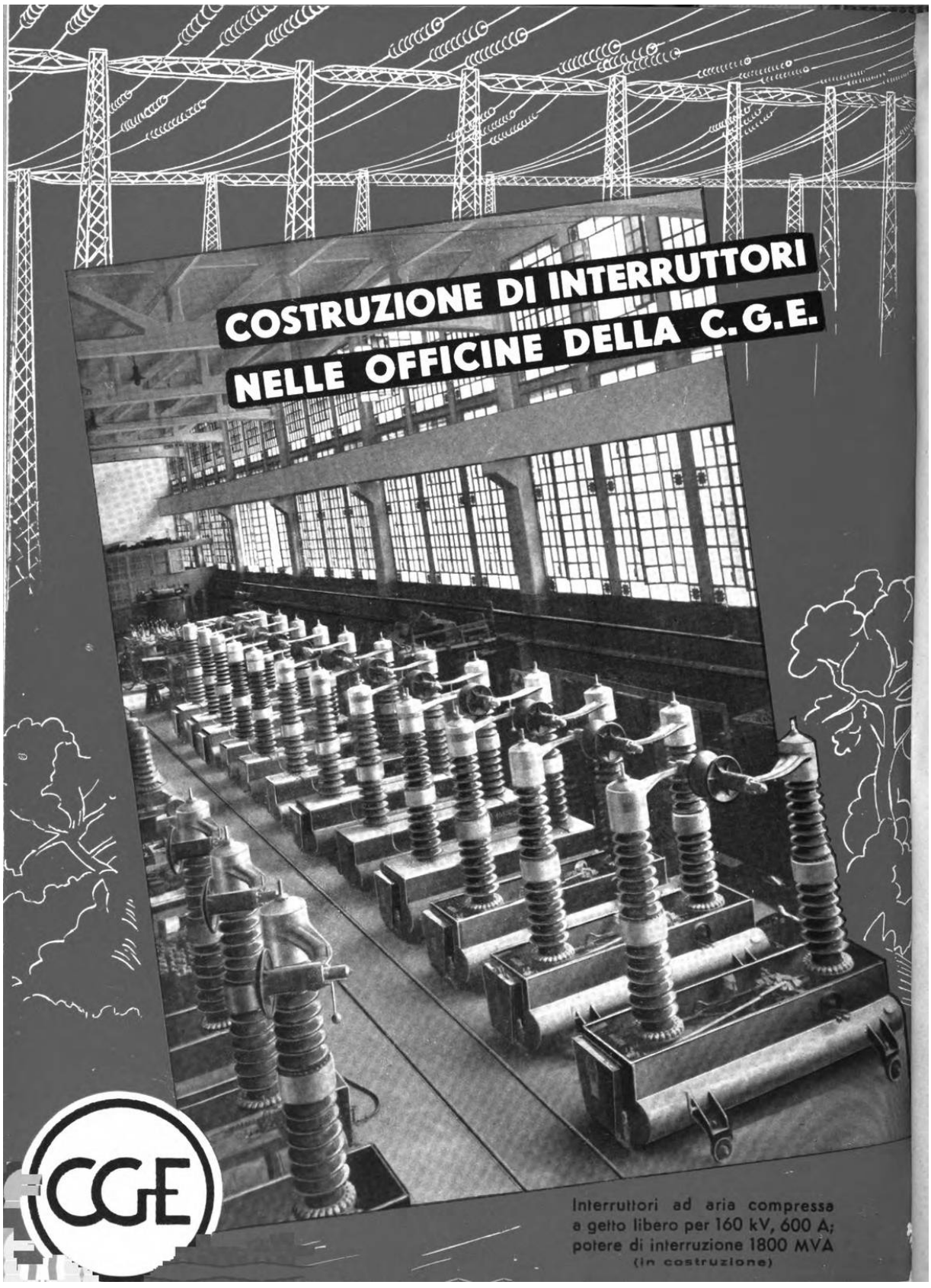
ALLOCCHIO BACCHINI E C.
Ingegneri costruttori
Milano

Strumenti
serie "M"
classe 0,5
Gruppo equi
panamobile

RADIO · AMPLIFICATORI E IMPIANTI
STRUMENTI ELETTRICI DI MISURA
MECCANICA DI PRECISIONE

7-8 10-25 LUGLIO-AGOSTO 1945

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma



Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Luglio-Agosto 1945 N. 7-8
Pubblicato il 20 Ottobre 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA – U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO – F. NERI - G. SILVA, REDATTORI – M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. – MILANO – VIA SAN PAOLO, 10 – TEL. 13-713 – C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI – GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. – IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,–; PER I NON SOCI L. 50,–.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Caldaie elettriche (A. ORSI) . . . . . Pag. 155
Di un nuovo miglioramento negli accumulatori elettrici al piombo (M. MATERNINI) . . . . . » 166
Lettere alla Redazione: Riavvolgimento di alternatori a 42 ed a 45 p/sec per la tensione normalizzata di 50 p/sec (A. WAGNER) . . . . . » 171
— Marconi e Ferraris nella toponomastica cittadina (F. RESTELLI) . . . . . » 172
La nostra industria: Gruppi generatori Ljungström. . . » 172
Libri e Pubblicazioni . . . . . » 173
Dalle Riviste . . . . . Pag. 175
Notizie dell'Associazione:
C. E. I. - Per una ripresa dell'attività del C. E. I. . . » 178
Distribuzione di nuovi fascicoli di Norme . . . . » 178
Notizie delle Sezioni: Sezioni di Bologna e Catania . . » 178
Sezioni di Milano e Roma . . . . . » 179
Necrologio: Dr. Ing. Giovanni Melazzo – Emilio Castelli . » 180
Errata corrige . . . . . » 180

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 53 D
Cronaca Tecnica . . . . . » 60 D

Assemblea generale dei Soci.

Tenutasi, come annunciato, il 5 corrente a Milano con notevolissima partecipazione di Soci, anche di Sezioni lontane, l'Assemblea ha, si può dire, segnato il vero inizio della ripresa sociale dopo la dolorosa parentesi di questi ultimi anni. Riconfermato all'unanimità il voto espresso dal Consiglio generale, la Presidenza Semenza rimarrà regolarmente in carica fino alla fine del 1946 e può quindi ora accingersi serenamente alla riforma dello Statuto sociale ed alla preparazione della Riunione Annuale che si dovrà tenere nella prossima primavera. Dei due problemi contiamo di occuparci nei prossimi numeri; ma dobbiamo subito dire qualche cosa del

problema finanziario dell'A. E. I.

al cui esame fu dedicata, com'era da prevedersi, la maggior parte della Seduta.

Stiamo tutti attraversando un fortunoso e tragico « periodo transitorio » fra la condizione di equilibrio economico di anteguerra e quella nuova, ignota, che dovrà, prima o poi, essere raggiunta. Disgraziatamente un simile transitorio non segue la semplice e bella legge esponenziale che governa tutti i fenomeni analoghi della fisica; ma si svolge, almeno in apparenza, nel modo più caotico. Tutti i valori, tutti i prezzi cercano di raggiungere le nuove condizioni di regime pressochè indipendentemente gli uni dagli altri dando origine ai forti squilibri temporanei di cui tutti soffriamo le conseguenze. Così, nel caso dell'A.E.I., l'aumento delle quote sociali, deliberato nella primavera del '44 non basta più a far fronte al vertiginoso aumento di tutte le spese. Da una minuziosa analisi fatta dall'Ufficio Centrale è risultato che il *costo* de *L'Elettrotecnica* e delle *Norme* date gratuitamente in un anno a tutti i Soci supera oggi le 650 (seicentocinquanta) lire, di cui solo poco più di 200 sono coperte dai proventi della pubblicità! Non potendo pertanto esservi dubbio sulla necessità di aumentare il contributo dei singoli soci individuali alla Sede Centrale, che è oggi di sole 120 lire, la discussione, lunga ed interessante, si è accesa sul *quantum*. E non poteva accadere diversamente data la mancanza di ogni sicuro elemento di giudizio. Da un lato si poteva e si può infatti osservare che una quota complessiva di 500 lire annue (cifra verso cui si orientano associazioni culturali simili alla nostra) rappresenta due o tre pacchetti di sigarette o sei o sette ingressi al cinema. Più logicamente si poteva e si può ricordare che quando, nei primi anni del secolo, la quota di Associazione per la Sezione di Milano era di 35 lire, gli introiti della gran maggioranza dei Soci, si aggiravano sulle 200÷300 lire mensili, talchè una quota di 500 lire dovrebbe risultare tollerabile per tutti coloro che oggi guadagnano dalle 3 alle 4 mila lire al mese. Per contro non si poteva dimenticare che, nella disordinata corsa agli aumenti a cui oggi assistiamo, gli stipendi e gli emolumenti del personale rimangono quasi sempre in ritardo e che, soprattutto, le altezze vertiginose raggiunte dai prezzi delle cose di prima necessità obbligano od inducono ad abolire dai bilanci familiari tutte le spese che non sono assolutamente necessarie.

Su simili basi contrastanti la discussione avrebbe potuto prolungarsi anche assai di più. Di sicuro vi è infatti solo l'affermazione che qualunque sia per essere l'aumento delle quote sociali sarà inevitabile la defezione temporanea di una parte dei Soci. Osiamo dire che una sensibile defezione si avrebbe anche se si lasciasse immutato il contributo di 120 lire. E non potendosi impostare l'equazione che lega il valore della nuova quota al numero dei Soci disposti a pagarla, per poi passare, come argutamente disse un consocio, alle condizioni di massimo, l'Assemblea ha finito col trovarsi d'accordo sulla cifra di 300 lire, già proposta dal Consiglio Generale per il contributo di ciascun Socio individuale all'Ufficio Centrale, coll'intesa che le quote di tutte le altre categorie di Soci debbano essere aumentate in relazione, calcandosi leggermente la mano su quelle dei Soci Collettivi.

Ma durante la discussione tutti si sono trovati d'accordo su un altro punto sul quale dobbiamo subito richiamare l'attenzione dei lettori: quello dei

Soci sostenitori.

È fuori di dubbio che già oggi gli emolumenti o, comunque, gli introiti mensili hanno già raggiunto per molte

Biblioteca nazionale centrale di Roma

categorie di Soci, livelli tali per cui veramente si può paragonare la quota di Associazione a poche sigarette! Sono costoro, tutti, che devono dar prova del loro attaccamento all'Associazione e portarne in pareggio il bilancio, che anche coll'aumento approvato, rimarrà per qualche tempo passivo. I Soci Sostenitori — i quali dovrebbero versare una quota supplementare annua di almeno 500 lire — sono oggi poco più di 200. Scorrendo l'elenco dei Soci si ha invece l'impressione che essi potrebbero facilmente superare il migliaio.

Noi ci auguriamo quindi che tutti coloro che possono farlo, vogliano inscriversi nella categoria dei Sostenitori — di cui sarà sempre pubblicato l'elenco nella rivista — dando così una bella prova di solidarietà sociale col venire in aiuto dei consoci meno fortunati. E soprattutto ci auguriamo che questa povera umanità tanto travagliata — anche se in buona parte dovrebbe recitare il *mea culpa* — possa presto raggiungere una vera pace e che le nuove « condizioni di regime » possano mantenersi per lunghissimi anni, in modo da consentire la completa cicatrizzazione delle gravi piaghe, materiali e morali, che oggi la affliggono.

Il C.E.I. e la guerra.

Come molti lettori ricorderanno, l'organizzazione del Comitato Elettrotecnico Italiano fu oggetto di lunghi studi e trattative durante i primi anni della guerra. Dopo la Convenzione stipulata nel settembre del 1941, con la UNI ed intesa ad evitare interferenze sempre possibili data la affinità degli scopi dei due enti, si era giunti, in base ad accordi con la UNI stessa, col Consiglio nazionale delle ricerche e con gli esponenti dei costruttori elettromeccanici e degli esercenti, a concretare un nuovo statuto, il quale avrebbe consentito al C.E.I. di disporre dei mezzi necessari per dotarsi di un vero ufficio tecnico divenuto ormai indispensabile per una rapida elaborazione delle Norme in preparazione ed in revisione che andranno rapidamente crescendo di numero e di importanza.

Approvato definitivamente il nuovo statuto nel luglio del 1943 non restava che procedere alla costituzione del Consiglio direttivo dell'Ente, ed al rimpasto dei vari sottocomitati, quando gli avvenimenti successivi all'8 settembre resero praticamente impossibile qualsiasi ulteriore attività.

Oggi, a guerra finita, fra le gravi incertezze che ci circondano non è possibile precisare quale sarà la futura organizzazione del C.E.I. legata a quelle della Commissione elettrotecnica internazionale, del rinnovato Consiglio Nazionale delle Ricerche, della UNI e delle organizzazioni industriali. Solo si può affermare che l'opera del C.E.I. e degli enti similari, non solo dovrà continuare, ma dovrà essere notevolmente ampliata ed intensificata per far fronte alle rinnovate esigenze dell'industria. Se anche qualche sentimentale *laudator temporis acti* potrà sentirsi preoccupato dalla sempre maggiore uniformità dei prodotti derivanti da una sempre più estesa normalizzazione, è innegabile che il mondo si avvia sempre più decisamente su tale strada, che, oltre a tutto, potrà essere di grande aiuto per l'immane lavoro di ricostruzione che oggi ci attende.

Per questo si è cercato, in questi ultimi anni, di mantenere per quanto possibile in efficienza gli organi del C.E.I. e di mandare avanti il lavoro delle Norme. La cosa è stata possibile soprattutto per l'attività che non è mai cessata della Commissione Centrale di Consulenza del C.E.I. (C.C.C.) prevista dal nuovo statuto, la quale, con l'aiuto dell'Ufficio Centrale dell'A.E.I. e con i consigli dei presidenti di vari sottocomitati è riuscita a condurre in porto buon numero di fascicoli di Norme, attualmente in distribuzione con le nuove modalità decise nella recente assemblea generale dell'A.E.I. e riportate più avanti.

Data la procedura speciale e sovente incompleta seguita da tali Norme, di cui riportiamo più avanti l'elenco, esse vengono pubblicate come *Norme in applicazione sperimentale* nell'intento non solo di farle conoscere, ma soprattuto di raccogliere dati ed osservazioni pratiche, che saranno preziose il giorno — speriamo non troppo lontano — in cui le Norme stesse, superati regolarmente tutti gli ulteriori studi previsti dalla procedura, potranno essere ripubblicate in forma definitiva.

La vita delle Sezioni.

Col più vivo piacere furono accolte in questi ultimi mesi le notizie via via ricevute dalle Sezioni a sud dell'Appennino che per tanti mesi erano rimaste completamente staccate dalla Presidenza generale e dall'Ufficio Centrale. Le notizie sono per la maggior parte contenute nei verbali dei Consigli di Sezione tenuti prima e dopo la liberazione ed abbiamo perciò creduto di far cosa grata ai lettori rompendo l'antica tradizione secondo la quale i Verbali dei Consigli di Sezione non venivano pubblicati nella parte ufficiale della rivista. E noi pensiamo che la regolare pubblicazione di tali verbali possa essere mantenuta anche per l'avvenire dato che essi completano veramente quella reciproca conoscenza dell'attività e della vita delle varie Sezioni che è il principale fattore dell'unione dei Soci di tutta Italia in una vera grande famiglia. I lettori vedranno, e se ne compiaceranno con noi, quello che molte Sezioni hanno fatto nel passato, dolorosissimo periodo per mantenere in vita l'Associazione e per prepararsi a quella generale ripresa che noi auguriamo proficua, convinti come siamo che il glorioso passato della nostra A.E.I. sia arra sicura della sua ulteriore felice ascesa.

Caldaie elettriche.

Sebbene si debba riconoscere che sotto l'aspetto della economia dei combustibili la caldaia elettrica non sia la più conveniente applicazione termica dell'elettricità, tuttavia le caldaie elettriche hanno altre caratteristiche ed altri pregi intrinseci di funzionamento e di esercizio che ne giustificano l'adozione in molti casi particolari e spiegano come anche da noi esse si siano abbastanza largamente affermate pur senza raggiungere la diffusione toccata in altri Paesi più ricchi di risorse idroelettriche.

È ben opportuno quindi che anche in Italia, che del resto conta notevolissime affermazioni in questo campo, vengano studiati i problemi costruttivi e funzionali delle caldaie elettriche, dei quali del resto il nostro giornale si è più volte occupato.

Un opportuno aggiornamento di questi problemi e delle soluzioni costruttive che essi hanno trovato presenta oggi ai lettori l'ing. A. ORSI nell'articolo che pubblichiamo.

Perfezionamenti agli accumulatori.

Segnaliamo all'attenzione dei lettori che particolarmente si occupano dell'argomento, le notizie che l'ing. M. MATERNINI espone oggi sul giornale intorno ad un nuovo trattamento delle piastre degli accumulatori al piombo.

I vantaggi che se ne conseguirebbero, per la robustezza dell'accumulatore e il forte aumento di capacità, sarebbero veramente cospicui e tali da allargare grandemente i campi di applicazione di tali apparecchi, specialmente nei riguardi della trazione e della propulsione.

Se le ulteriori esperienze di esercizio confermeranno, come è augurabile da un punto di vista di interesse generale, quelle finora eseguite e descritte dall'A., la tecnica italiana avrà conseguito un nuovo notevole successo.

LA REDAZIONE

Biblioteca nazionale centrale di Roma

CALDAIE ELETTRICHE

ALDO ORSI

Premesso qualche richiamo teorico sul funzionamento delle caldaie elettriche, l'Autore prende in esame la costruzione di tali apparecchi, classificandoli secondo il modo di regolazione della potenza assorbita e soffermandosi su alcuni tipi atti a funzionare in modo completamente automatico.

Dopo aver descritto alcuni sistemi di regolazione l'Autore conclude con un cenno all'esercizio delle caldaie ed al loro comportamento sulle reti di distribuzione.

Con il termine di « Caldaie Elettriche » si definiscono gli apparecchi elettrici atti a produrre vapore o riscaldare acqua, che utilizzano come elemento resistore l'acqua stessa.

Come noto, la conducibilità elettrica dell'acqua è data da sali, acidi o basi che vi sono disciolti; è quindi più corretto parlare di resistori a soluzione che di resistori ad acqua. Spesso la conducibilità dell'acqua naturale è, per gli usi tecnici, inferiore al desiderato e nelle caldaie elettriche viene in tali casi aumentata con l'aggiunta di carbonato sodico o fosfato trisodico; si tratta quindi di vere e proprie soluzioni per quanto a grande diluizione.

La conducibilità elettrolitica nel caso di molecole che si scindono in egual numero di ioni positivi o negativi è espressa dalla relazione:

$$c = N\,(n\,e)\;(v_+ + v_-) \quad \text{in } \Omega^{-1}\,\text{cm}^{-3}$$

dove N è il numero di ioni di un segno presenti in 1 cm³ di soluzione, n è la valenza chimica dell'ione, e la carica elettrica unitaria (quanto) = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ amper-secondi e $(v_+ + v_-)$ rappresenta la somma delle mobilità degli ioni rispettivamente positivo e negativo, cioè la somma delle velocità stazionarie riferite ad un campo di un V per cm.

Notiamo anzitutto che la conducibilità è proporzionale ad N, cioè al numero di ioni presenti nella soluzione, che, per soluzioni diluite, è proporzionale alla concentrazione.

La conducibilità dipende inoltre dalla natura chimica delle sostanze in soluzione e questa dipendenza è rilevata dal termine n che rappresenta la valenza degli ioni ottenuti dalla dissociazione e dal termine $(v_+ + v_-)$ che per una certa temperatura e rispetto ad un solvente è caratteristico della sostanza disciolta.

La mobilità degli ioni è limitata dall'attrito interno, cioè dalla viscosità del liquido e pertanto per una certa concentrazione e a parità di dissociazione il termine $(v_+ + v_-)$ segue nei confronti della temperatura la stessa legge della viscosità.

Aumentando la temperatura diminuisce l'attrito che gli ioni incontrano nel loro movimento e diminuisce la resistenza elettrica. Nei liquidi quindi il coefficiente di temperatura della resistività è negativo.

Infine l'attrito interno fra ioni ed elettrolita determina il riscaldamento dell'elettrolita stesso, e l'energia ceduta dal campo elettrico agli ioni nell'unità di tempo viene tutta restituita sotto forma di calore secondo la legge di Joule.

A titolo informativo diremo che all'avviamento di una caldaia elettrica prevista per una pressione di 15 kg/cm² passando da freddo a caldo la conducibilità diventa circa quattro volte maggiore.

Di questa variazione della conducibilità occorre tener conto sia nel progetto sia durante la messa in servizio delle caldaie elettriche.

Non ci occupiamo dei fenomeni elettrochimici che si manifestano al passaggio di correnti continue, perchè le caldaie elettriche vengono alimentate con corrente alternata, con cui appunto non si manifestano apprezzabili fenomeni chimici. Allo scopo che ci proponiamo, che è quello di produrre vapore, i fenomeni chimici dissiperebbero energia inutile e porterebbero all'inquinamento del vapore stesso.

La velocità media degli ioni nel campo elettrico usuale per le caldaie, che va dai 50 ai 100 V/cm è dell'ordine del millimetro al secondo. Ma la corrente alternata dopo una frazione di secondo si inverte e conseguentemente si inverte il movimento degli ioni.

Per gli ioni che si trovano lontano dagli elettrodi il movimento provocato dal campo alternativo applicato è alternativo con frequenza corrispondente alla frequenza della tensione applicata e con ampiezza dell'ordine dei centesimi di millimetro alle frequenze industriali ed in condizioni usuali.

Ma gli ioni di segno diverso che si trovano in vicinanza di un elettrodo si scaricano alternativamente sull'elettrodo stesso. Se il fenomeno di scarica è reversibile nel semiperiodo successivo il processo si inverte, rigenerando le sostanze prima dissociate ed annullando gli effetti dell'elettrolisi. L'energia spesa per le trasformazioni chimiche in un semiperiodo è recuperata nel semiperiodo successivo e pertanto l'elettrolita si comporta come se presentasse la sola resistenza ohmica.

Perchè in realtà questo avvenga occorre che la frequenza della tensione applicata sia sufficientemente alta (le frequenze industriali sono sufficienti per le condizioni tecniche usuali); che il numero di ioni alternativamente positivi o negativi che si scaricano nell'unità di superficie non sia eccessivo; che l'affinità chimica tra il prodotto dell'elettrolisi e la sostanza che costituisce l'elettrodo non sia tale da trattenere il prodotto stesso dando luogo a composti chimici.

Se queste condizioni sono verificate, l'elettrolito si comporta come una resistenza ohmica e la produzione di calore dovuta all'attrito fra ioni e solvente segue ancora la legge di Joule. Ciò che appunto desideriamo ottenere nelle caldaie elettriche.

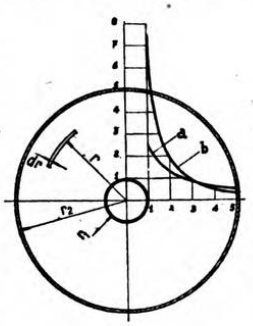


Fig. 1.

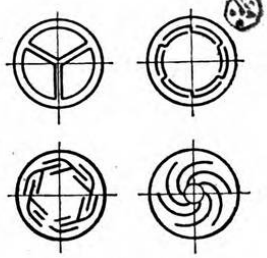


Fig. 2.

Fig. 1. — Distribuzione del gradiente di potenziale e potenza specifica fra elettrodi concentrici.

Fig. 2. — Vari tipi di elettrodi.

GLI ELETTRODI E L'ELETTROLITA NELLE CALDAIE.

Fin qui abbiamo ammesso che il campo elettrico fra gli elettrodi fosse uniforme.

Consideriamo due cilindri concentrici (fig. 1), uno di raggio r_1 e l'altro di raggio $r_2 > r_1$ così lunghi da poter trascurare l'effetto delle estremità.

Questa può essere un'immagine semplificata di una caldaia elettrica monofase di cui il cilindro interno rappresenta un elettrodo, l'esterno l'altro elettrodo.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Se ϱ è la resistività dell'elettrolito supposta costante in tutta la massa per una certa temperatura, la resistenza di un cilindro elementare fluido di raggio r e spessore dr ed altezza 1 è:

$$dR = \frac{\varrho\, dr}{2\pi r}$$

che integrata per tutto lo spazio compreso fra gli elettrodi dà:

$$R = \frac{\varrho}{2\pi}\int_{r_1}^{r_2}\frac{dr}{r} = \frac{\varrho}{2\pi} ln \frac{r_2}{r_1}$$

Se V è la tensione applicata, la corrente sarà:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2\pi}{\varrho}\cdot\frac{V}{ln\, r_2/r_1}$$

per cui essendo $dV = IdR$, il gradiente di potenziale sarà:

$$\frac{dV}{dr} = \frac{V}{r \cdot ln\, r_2/r_1}$$

e la potenza specifica:

$$\frac{dW}{dv} = \frac{I\, dV}{dv}$$

(dove $dv = 2\pi \cdot rdr$ è l'elemento di volume).

$$\frac{dW}{dv} = \frac{1}{\varrho}\cdot\frac{V^2}{r^2\,(ln\, r_2/r_1)^2}$$

Nella fig. 1 sono tracciate le curve *a*) *b*) rispettivamente riferite al gradiente medio $V/r_2 - r_1$ ed alla potenza specifica media $W/(r_2^2 - r_1^2)$; si vede che il gradiente del potenziale e la potenza specifica salgono molto ripidamente in prossimità del cilindro piccolo. Avremo quindi un addensamento di potenza in vicinanza dell'elettrodo centrale con conseguente sovrariscaldamento: se si osserva che nel nostro calcolo abbiamo supposto ϱ uniforme in tutta la massa liquida e che il coefficiente di temperatura degli elettroliti è negativo, si conclude che le curve reali saranno ancora notevolmente più ripide di quelle teoriche.

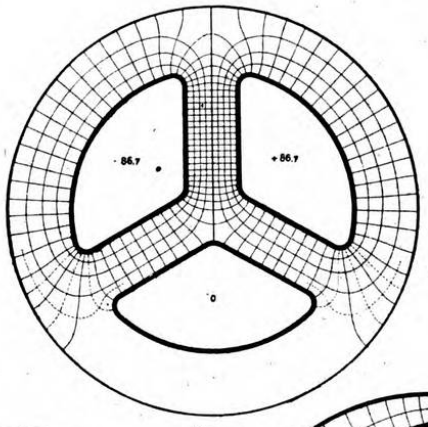


Fig. 3a

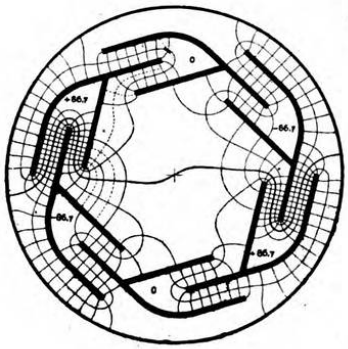


Fig. 4 a

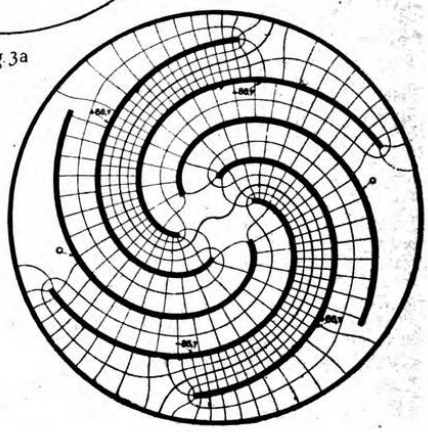


Fig. 5a

Fig. 3 *a* - 4 *a* - 5 *a*
Campo elettrico in caldaie trifasi per valori delle tensioni nei tre elettrodi rispettivamente +86,7, —86,7 e 0 in % del valore massimo.

Questa disuniforme distribuzione della potenza specifica ha per effetto: *a*) di *localizzare la produzione di vapore* in vicinanza dell'elettrodo centrale; *b*) di provocare, dato l'elevato gradiente di potenziale, e quindi l'elevata mobilità degli ioni, *fenomeni elettrolitici* sempre dannosi; *c*) di ridurre l'*utilizzazione degli elettrodi* e quindi di determinare dimensioni più ingombranti.

Per ovviare a questi inconvenienti la forma degli elettrodi deve essere studiata razionalmente: nel senso di ottenere sezioni il più possibile uniformi lungo il percorso della corrente.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Ma un'altra ragione milita a favore di sezioni liquide uniformi: se gli elettrodi sono di forma complicata e le sezioni di passaggio della corrente disuniformi, la distribuzione della corrente risulta complessa ed è difficile predeterminare, in fase di progetto, le caratteristiche della caldaia.

Per tensioni basse è ancora possibile adottare elettrodi a forma di cilindri concentrici la cui distanza (determinata dalla tensione) sia piccola rispetto ai raggi: in tal modo essendo r_2 ed r_1 poco differenti, la distribuzione di potenza è ancora tollerabile.

Nelle figg. 3, 4, 5 si vede come tale distribuzione sia abbastanza uniforme e come la massima parte della corrente passi da elettrodo ad elettrodo, mentre solo una piccola percentuale passa tra gli elettrodi ed il cilindro esterno (massa della caldaia). Le figg. 3 *a*, 4 *a*, 5 *a* si riferiscono all'istante in cui le tensioni nelle tre fasi hanno rispettivamente i valori +86,7 % —86,7 %, o del valor massimo; le figg. 3 *b*, 4 *b*, 5 *b* si riferiscono invece ai valori +100 %, —50 %, —50 %.

Le soluzioni esposte (ed altre che si possono escogitare dello stesso tipo) non si prestano evidentemente per alte

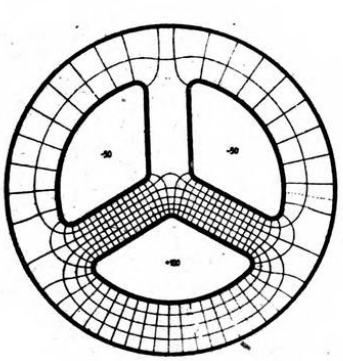


Fig. 3b

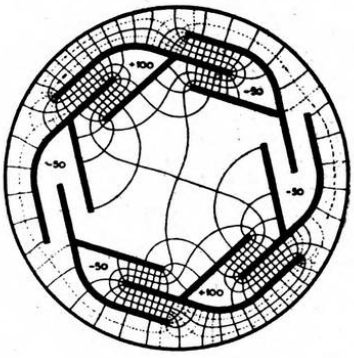


Fig. 4b

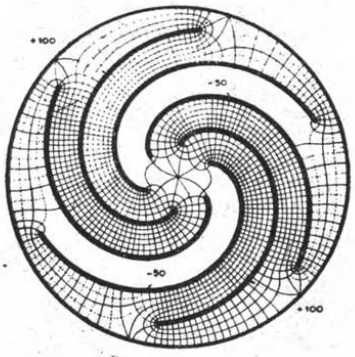


Fig. 5b

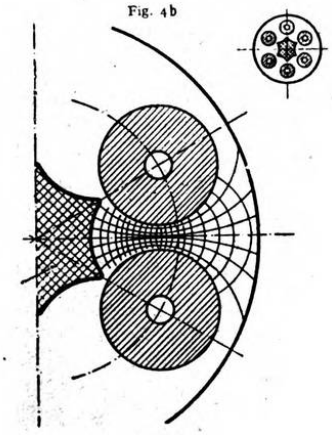


Fig. 6

Fig. 3 *b* - 4 *b* - 5 *b*
Campo elettrico in caldaie trifasi per valori delle tensioni nei tre elettrodi rispettivamente +100, +50, —50 % del valore massimo.

Fig. 6. — Campo fra gli elettrodi alterato a mezzo di pezzi isolanti.

La fig. 2 illustra alcune soluzioni che si prestano sia per caldaie monofasi che trifasi a tensioni piuttosto basse.

La sezione di passaggio della corrente lungo il percorso interelettrodico è costante (salvo alle estremità) e pertanto la distribuzione di corrente risulta favorevole.

Per grandi potenze e basse tensioni si adottano elettrodi ad evolvente di circonferenza.

Poichè nella evolvente i raggi di curvatura sono tutti tangenti al cerchio ed uguali all'arco rettificato compreso tra il punto di tangenza e l'origine della curva la distanza fra due evolventi della medesima circonferenza è costante e quindi elettrodi così fatti rispondono bene allo scopo con un ingombro molto ridotto.

Per alcuni casi tipici di elettrodi trifasi è stata tracciata la distribuzione della corrente.

tensioni, quando cioè la distanza fra gli elettrodi deve essere grande.

In questo caso si presentano due possibilità: la prima consiste nell'adozione di setti isolanti, coi quali si limita la sezione di passaggio della corrente nel liquido prolungandone il percorso.

Dalla forma e dimensioni di questi setti dipende la distribuzione della potenza specifica.

La fig. 6 mostra un tipo di elettrodo con setti isolanti.

Questo ed altri simili presentano però l'inconveniente che il materiale ceramico, di cui sono fatti i pezzi isolanti immersi, viene intaccato dalle soluzioni alcaline molto attive ad elevate temperature. Inoltre gli isolanti si ricoprono di incrostazioni dure aventi un coefficiente di dilatazione diverso da quello del materiale ceramico, con

Biblioteca nazionale centrale di Roma

il pericolo di incrinature all'atto dell'avviamento o dell'arresto della caldaia.

La seconda soluzione, molto preferibile alla prima, utilizza, come resistori, getti d'acqua di sezione e lunghezza rispettivamente appropriate alla corrente ed alla tensione, compresi fra due elettrodi o fra un elettrodo e la terra.

Il materiale che costituisce gli elettrodi non deve dar luogo a effetti elettrochimici secondari di polarizzazione che porterebbero alla formazione di miscele esplosive, e non deve subire corrosioni per opera delle soluzioni saline calde. Generalmente gli elettrodi sono costruiti in ghisa o in ferro.

La conducibilità dell'acqua in caldaia varia per molte cause, dovute alle variazioni di temperatura, alle variazioni stagionali o temporanee della durezza ed infine all'apporto costante di sali da parte dell'acqua di alimentazione.

Per fronteggiare le variazioni temporanee dovute alla temperatura ed alla durezza occorre che gli elettrodi consentano una certa elasticità di funzionamento fra i valori limiti della resistività dell'acqua.

In altre parole la lunghezza attiva del resistore elettrolitico (che nei casi più semplici è la distanza fra gli elettrodi) deve essere proporzionata alla minima resistività, e la sezione attiva (nei casi semplici superfici degli elettrodi) alla massima.

Ne deriva un dimensionamento abbondante della caldaia che però assicura una regolarità di servizio in tutte le condizioni possibili.

Invece per eliminare i sali in eccesso portati in caldaia continuamente a mezzo dell'acqua di alimentazione (e che vi restano perchè dalla caldaia esce solo vapore) occorre ogni tanto effettare lo spurgo.

Le melme che per differenza di densità si accumulano al fondo vengono espulse, con l'ausilio della pressione interna, aprendo la valvola di fondo della caldaia.

Questa manovra può essere fatta a mano ad intervalli di tempo o automaticamente a mezzo di apparecchio che descriveremo in seguito.

Un funzionamento regolare della caldaia richiede che l'ebollizione non avvenga tumultuosamente: le bolle di vapore devono essere *piccole* e liberarsi rapidamente alla superficie, mentre nella massa liquida lo spazio occupato dalle bolle viene immediatamente occupato da altra acqua. Se le piccole bolle si riuniscono in bolle più grandi, che possono andare da un elettrodo all'altro, la sezione di passaggio della corrente può ridursi a tal punto da provocare rilevanti oscillazioni del carico sulla rete, che si ripetono a distanza di qualche secondo, tempo impiegato dalle grandi bolle di vapore a liberarsi alla superficie.

Inoltre l'ebollizione tumultuosa peggiora evidentemente il titolo del vapore, che in caldaie elettriche ben costruite è dell'ordine di 3÷4 gr di acqua su ogni kg di vapore secco.

Le cause dell'ebollizione tumultuosa sono: *eccessiva potenza specifica* in tutte od in parte della zona d'acqua interessata (ad esempio vicino al cilindro piccolo nell'esempio considerato di elettrodi cilindrici concentrici), oppure *eccessiva potenza specifica convenzionale alla superficie libera dell'acqua* compresa tra gli elettrodi (che si misura in kW per cm²); infatti se il numero di bolle che devono liberarsi alla superficie per unità di tempo è eccessivo rispetto alla superficie stessa, le piccole bolle si riuniscono in bolle più grandi prima di vincere la tensione superficiale del liquido e danno luogo ai fenomeni di turbolenza cui abbiamo accennato.

La formazione dannosa di grandi bolle di vapore può essere ostacolato accelerando il moto ascensionale delle piccole bolle con una circolazione attiva dell'acqua, ottenuta o con un tiraggio naturale per differenza di temperatura nell'acqua stessa, o, più efficacemente, con una circolazione forzata mediante pompa.

La variazione della potenza assorbita nei vari tipi di caldaie.

Nelle caldaie elettriche è di fondamentale importanza poter variare entro larghi limiti e con sufficiente rapidità la potenza assorbita.

Ciò può essere ottenuto in due modi fondamentali: o variando la potenza specifica (W/cm³) nella massa del liquido, oppure mantenendo costante la potenza specifica, variando la quantità d'acqua interessata. Riesce evidente che il secondo modo, in quanto non altera le condizioni di funzionamento della caldaia, è nettamente preferibile.

Il primo, adottato in caldaie sia a bassa sia ad alta tensione, consiste nel variare la sezione o la lunghezza o entrambe del resistore liquido muovendo pezzi isolanti, interposti fra gli elettrodi, che strozzano o allungano i filetti di corrente.

Nelle caldaie a getti si può variare la sezione e la lunghezza del getto.

Inconvenienti di questo sistema sono:

1) la disuniforme distribuzione di potenza può dar luogo ad incrostazioni localizzate, causa a loro volta di sovrariscaldamenti, incrinature e rotture dei pezzi isolanti;

2) i dispositivi meccanici per lo spostamento degli elettrodi, controelettrodi e pezzi isolanti sono soggetti a inceppamenti e guasti per incrostazioni saline non sempre facilmente rimediabili.

Il secondo sistema può essere realizzato in tre varianti: o si varia l'immersione degli elettrodi nel liquido, movendoli in senso verticale, ed in questo caso si hanno ancora alcuni degli inconvenienti citati precedentemente: o si varia il livello del liquido mantenendo fissi gli elettrodi; oppure, nelle caldaie a getti, si varia il numero dei getti attivi.

Su questa possibilità di variare agevolmente e senza inconvenienti la potenza assorbita si fonda in gran parte la bontà di una caldaia elettrica.

Rimandiamo il lettore, per una più estesa descrizione di carattere storico, agli articoli già apparsi sull'argomento (1). Noi invece accenneremo solamente ad alcuni esempi tipici dedicando maggior spazio ad alcune caldaie elettriche moderne specialmente adatte a funzionare in modo completamente automatico.

Un esempio del primo modo di variazione della potenza è rappresentato nella caldaia Escher Wiss di fig. 7, in cui gli elettrodi cilindrici sono contornati da due pezzi isolanti ad imputi concentrici, l'inferiore fisso, il superiore mobile verticalmente.

Poichè il collegamento dell'elettrodo al passante è isolato, la corrente passa principalmente attraverso la fenditura tronco-conica, la cui sezione può essere variata dall'esterno della caldaia a mezzo di un comando meccanico. La potenza in questa caldaia viene quindi variata strozzando la colonna liquida.

Al secondo modo (variazione della potenza assorbita con potenza specifica costante) appartiene la caldaia Escher Wiss di fig. 8 in cui gli elettrodi sono costituiti da due serie di piastre cilindriche intercalate, una fissa ai passanti, l'altra girevole attorno ad un asse centrale con comando meccanico rinviato all'esterno. La variazione di potenza avviene introducendo più o meno una serie di piastre nell'altra in modo simile ai condensatori variabili. La caldaia rappresentata in figura è costruita per bassa tensione ed acqua calda, ma il sistema si presta ovviamente anche per produzione di vapore.

Accenniamo appena ad un tipo di caldaia a bassa tensione per piccole potenze costruito da Brown Boveri e rappresentato in fig. 9 non perchè abbia particolarità degne di nota, ma perchè ci darà modo più avanti di occuparci di un sistema di regolazione semplificato.

Si tratta, come mostra la figura, di una caldaia ad elet-

(1) Vedi, tra l'altro, *L'Elettrotecnica*, 1934 pag. 741 e 771.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

trodi immersi con variazione della potenza per variazione del livello dell'acqua e si costruisce per tensioni sino a 500 V e potenze sino a 500 kW circa.

Abbiamo lasciato per ultimo due tipi di caldaie di notevole interesse tecnico, ma generalmente conosciute solo superficialmente, che ci daranno modo di intrattenerci sulla regolazione automatica.

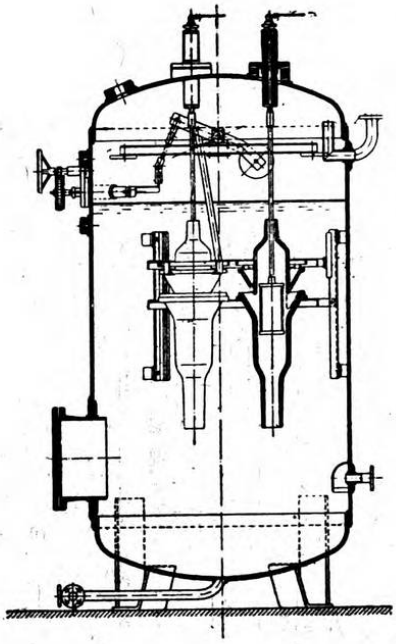


Fig. 7

Fig. 7. — Caldaia regolabile mediante variazione della potenza specifica.

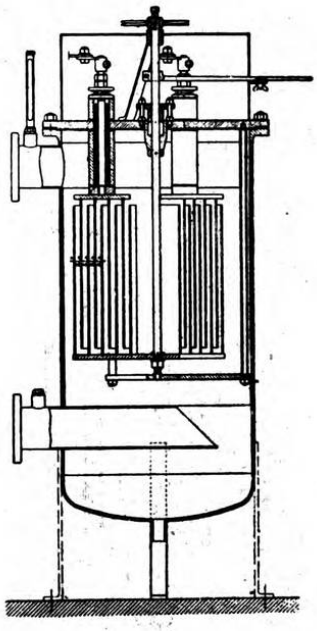


Fig. 8

Fig. 8. — Caldaia regolabile a potenza specifica praticamente costante.

CALDAIA BROWN BOVERI A B.T. CON POMPA DI CIRCOLAZIONE.

Per potenze superiori ai 500 kW si costruiscono caldaie con pompa di circolazione interna schematicamente rappresentate in fig. 10.

Gli elettrodi sono qui a evolvente di circonferenza e sono contenuti in un recipiente cilindrico (vaporizzatore) aperto verso l'alto, collegato verso il basso, attraverso una valvola di regolazione a farfalla, con una pompa speciale descritta in seguito che spinge l'acqua dal basso della caldaia nel detto recipiente. Questo porta lateralmente una fessura longitudinale (il cui efflusso può essere regolato una volta tanto mediante uno schermo manovrabile dall'esterno) e da cui l'acqua ricade nel fondo della caldaia.

L'acqua sospinta dalla pompa raggiunge nel recipiente degli elettrodi un livello che dipende dalla apertura della valvola a farfalla, dalla larghezza della fessura laterale e dalla produzione di vapore. Ovviamente questo livello e quindi la potenza elettrica assorbita può essere variato a piacere mediante la valvola a farfalla.

In tal modo si ottiene una facile e pronta regolazione della potenza nonchè, dato il frequente ricambio dell'acqua nello spazio interelettrodico, una ebollizione uniforme e tranquilla.

Il carico assorbito non subisce sbalzi anche perchè la pompa di circolazione mantiene nell'acqua una temperatura uniforme.

Il livello d'acqua nella caldaia deve essere mantenuto entro certi limiti a mezzo di apposito regolatore, che vedremo più avanti. Se infatti la caldaia passa rapidamente da vuoto (valvola a farfalla chiusa) a pieno carico (valvola aperta) la pompa di alimentazione non fa in tempo a mandare in caldaia il volume d'acqua occorrente per riempire il vaporizzatore ed il livello in caldaia si abbassa di conseguenza.

Il regolatore di livello interviene mandando acqua in caldaia quando il livello si abbassa oltre questo limite.

CALDAIA BROWN BOVERI AD ALTA TENSIONE.

Abbiamo sorvolato su alcuni dettagli della caldaia a B.T. a circolazione, perchè sapevamo di ritrovarli identici nella caldaia A.T. su cui ci soffermeremo maggiormente.

Nelle caldaie A.T. a getti l'elemento riscaldante è costituito da getti liquidi percorsi longitudinalmente dalla corrente.

Una pompa simile a quella che abbiamo visto nella caldaia a B.T. a circolazione, spinge l'acqua dal fondo della caldaia, attraverso una valvola di regolazione a farfalla, in un recipiente cilindrico munito di ugelli disposti lungo alcune generatrici, inclinati in modo che il getto d'acqua che ne esce cade sull'elettrodo adduttore della corrente e vi aderisce per un certo tratto, realizzando un buon contatto elettrico. Ciò è ottenuto con un movimento a spirale dell'acqua provocato dalla forma a tegolo dell'elettrodo.

La parte inferiore dell'elettrodo è munita di tubi che

Biblioteca nazionale centrale di Roma

arrestano il moto circolare dell'acqua e la fanno cadere verticalmente in getti separati su di una griglia.

Da qui infine l'acqua ricade sul fondo della caldaia.

Tanto il cilindro porta ugelli quanto la griglia sono elettricamente collegati e costituiscono il neutro.

Le due serie di getti sono in parallelo e costituiscono, come è facile vedere, i bracci di due stelle in parallelo per ogni terna di isolatori. (Le introduzioni di corrente, e quindi gli elettrodi, possono essere nelle caldaie trifasi anche un multiplo di tre).

Delle due serie di getti in parallelo una ha una *traiettoria rettilinea verticale*, l'altra *una traiettoria parabolica* determinata dalla inclinazione (fissa) degli ugelli e dal battente d'acqua nel recipiente portaugelli.

La variazione della potenza è ottenuta variando il numero dei getti attivi, cioè variando, a mezzo della valvola a farfalla, il livello dell'acqua nel tubo porta ugelli. S'intuisce facilmente che con questo sistema è possibile realizzare una regolazione pronta entro larghi limiti.

Come nelle caldaie a B.T. con pompa di circolazione, anche qui il livello in caldaia deve essere mantenuto costante entro certi limiti da apposito regolatore: l'escursione possibile del livello corrisponde anche qui ad un improvviso riempimento del recipiente portaugelli.

Prima di passare alla regolazione, diamo uno sguardo più da vicino alle singole parti di questa caldaia.

Gli elettrodi: Gli elettrodi sono collegati ai passanti mediante bullonatura, che in certi casi, a mezzo di una

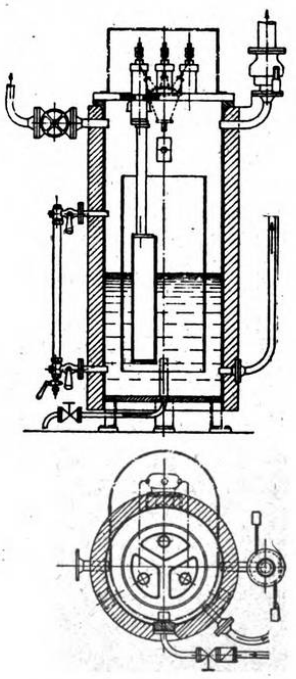


Fig. 9

Fig. 9. — Caldaia regolabile mediante variazione del livello.

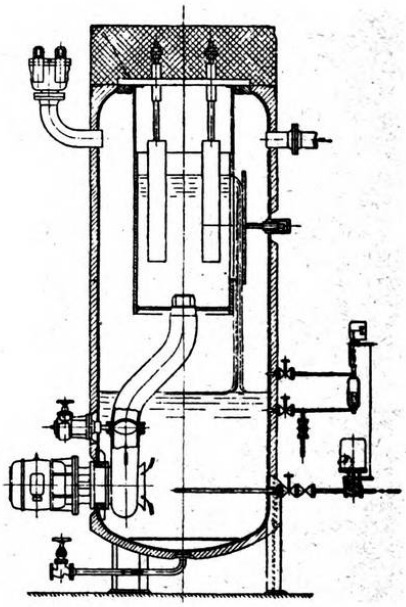


Fig. 10

Fig. 10. — Altra caldaia regolabile mediante variazione del livello.

Si tratta di una parabola di cui è nota la tangente (asse dell'ugello) nel punto di uscita dall'ugello stesso: la sua equazione, con le notazioni poste in figura 12 è:

$$X^2 = 4\ H\ y \cos^2 \varphi$$

con coordinate al vertice:

$$X_1 = 2\ H \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi$$

e

$$Y_1 = H \operatorname{sen}^2 \varphi$$

Ovviamente i getti che si trovano nella parte bassa del recipiente vaporizzatore, avendo un maggior battente di acqua avranno una traiettoria più tesa di quelli che si trovano in alto.

Per il tratto di traiettoria utilizzato (cioè compreso fra ugello ed elettrodo) la differenza di lunghezza è piccola, nei casi usuali meno del 10 %.

Di conseguenza la potenza specifica dei getti superiori differisce molto poco da quella dei getti inferiori.

fenditura ovale, consente di variare la distanza fra elettrodo e tubo portaugelli e quindi la lunghezza dei getti, per ottenere una messa a punto oppure per consentire il cambiamento entro certi limiti della tensione di esercizio.

Gli *isolatori*: Gli isolatori passanti nelle caldaie elettriche hanno esigenze speciali, in quanto devono sopportare la pressione del vapore ed una temperatura elevata (anche oltre i 200 °C); meccanicamente il materiale ceramico resiste poco a trazione, e perciò occorre che la costruzione dell'isolatore sia tale da determinare solo sforzi di compressione.

Poichè i vari pezzi che costituiscono l'isolatore sono tenuti assieme dal passante stesso, questo è tenuto in tensione da molle che compensano le dilatazioni.

Ad evitare che il materiale isolante possa venire intaccato da spruzzi di acqua salina, la parte di isolatore interna alla caldaia è protetta mediante cappe metalliche.

Dal punto di vista elettrico, l'isolatore che deve andare a temperature elevate viene costruito in materiale spe-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ciale a basse perdite dielettriche. Il diagramma 13 mostra come le perdite dielettriche di una comune porcellana siano altissime a temperatura elevata: a 250 °C sono oltre 1 kW/dm³; invece l'isolante speciale usato da B. Boveri per le caldaie a tensione elevata presenta per 250 °C di temperatura perdite di appena 4 W/dm³.

Il materiale ceramico subisce una forte variazione di resistività elettrica in funzione della temperatura.

Nel diagramma 14 che si riferisce a tre tipi di materiale isolante, si vede che passando da 50 °C a 250 °C la resistività della porcellana diventa cento volte minore.

La pompa di circolazione: Analogamente a quanto avveniva nelle caldaie Brown Boveri a B.T. a circolazione anche in quelle ad A.T. la pompa ha il compito, come s'è visto, di spingere l'acqua dal fondo della caldaia al cilindro porta ugelli.

Per far fronte a rapide variazioni del carico, la pompa deve avere una notevole portata, in modo che aprendo la valvola a farfalla il tubo porta ugelli si riempia rapidamente ed il numero dei getti in funzione s'adegui alle esigenze del carico.

La prevalenza che deve fornire la pompa è solamente quella occorrente ad elevare l'acqua all'altezza degli ugelli ed a vincere le perdite di carico nelle tubazioni. La pompa è quindi del tipo centrifugo a bassa pressione per forti portate e piccole prevalenze e lavora nell'ambiente della caldaia alla pressione di esercizio.

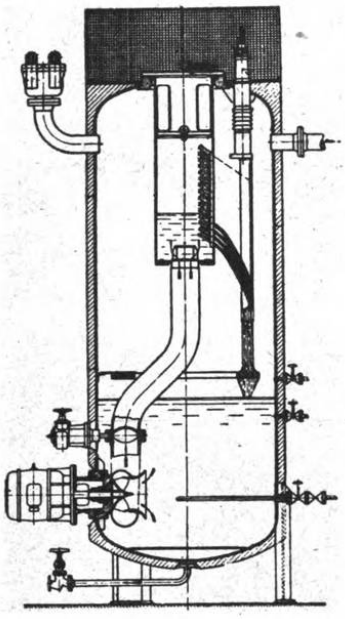


Fig. 11

Fig. 11. — Caldaia a getti.

La bocca di aspirazione con profilo di minima resistenza è alquanto sotto il livello dell'acqua per evitare fenomeni di cavitazione che, trattandosi di acqua a temperatura da 100 a 200 °C (che quindi ha grande tendenza a vaporizzare per una diminuzione di pressione) potrebbero manifestarsi disturbando il funzionamento ed anche provocando il disinnesco della pompa stessa.

La tenuta sull'albero che collega la girante (interna alla caldaia) al rotore del motore (esterno), è costituita da una serie di guarnizioni pressate, mantenute fredde con circolazione d'acqua. La fig. 15 mostra una caldaia da 2200 kW a 6500 V e 28 kg/cm² di pressione.

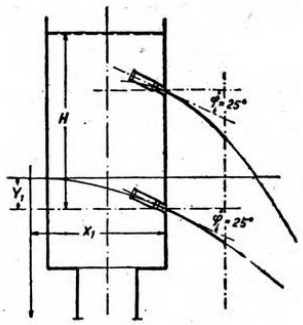


Fig. 12

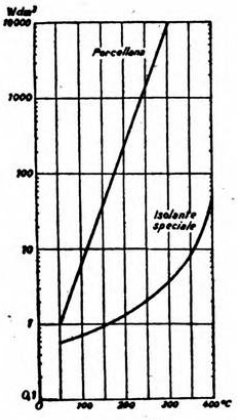


Fig. 13

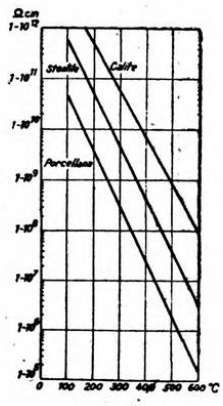


Fig. 14

Fig. 12. — Traiettoria dei getti in una caldaia.

Fig. 13. — Variazione delle perdite dielettriche in funzione della temperatura per alcuni materiali ceramici.

Fig. 14. — Variazione della resistività in funzione della temperatura per alcuni materiali ceramici.

REGOLAZIONI.

Le caldaie moderne di una certa potenza vengono fornite di apparecchiature di regolazione che ne rendono parzialmente o completamente automatico il funzionamento.

Le regolazioni adottate sono:

1) Regolazione automatica di *livello* (indispensabile per il funzionamento delle caldaie Brown Boveri a Bassa ed Alta tensione).

2) Regolazione di *potenza* (generalmente adottato in combinazione con la:

3) Regolazione di *pressione*.

4) Regolazione di *frequenza* (usata su piccole reti in sostituzione della regolazione di potenza.

5) Regolazione di *spurgo* (facoltativa).

Il regolatore di livello Brown Boveri.

Si è accennato precedentemente che, perchè il funzionamento delle caldaie con pompa di circolazione (sia ad alta sia a bassa tensione) sia possibile, è necessario che il livello dell'acqua nell'interno della caldaia sia mante-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nuto, entro certi limiti, costante. A ciò provvede il regolatore di livello cui accenniamo brevemente.

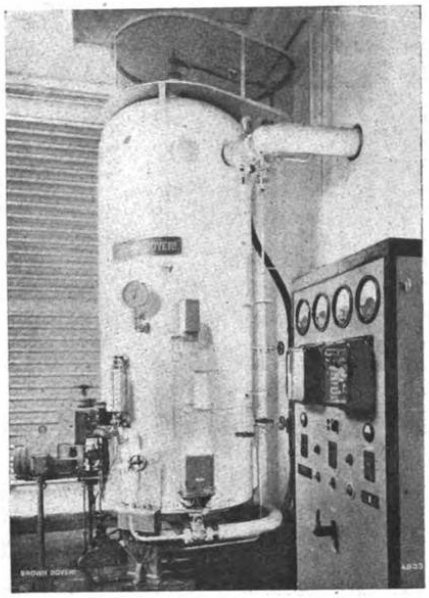


Fig. 15. — Assieme di una caldaia elettrica con regolazione completamente automatica.

Nel tipo Brown Boveri (fig. 16) l'acqua di alimentazione viene spinta in caldaia da una pompa attraverso una valvola motorizzata di regolazione.

Un recipiente collegato alla caldaia mediante tubi flessibili e sospeso ad una molla, si alza o si abbassa a seconda che per effetto delle variazioni di livello il recipiente si vuota o si riempie.

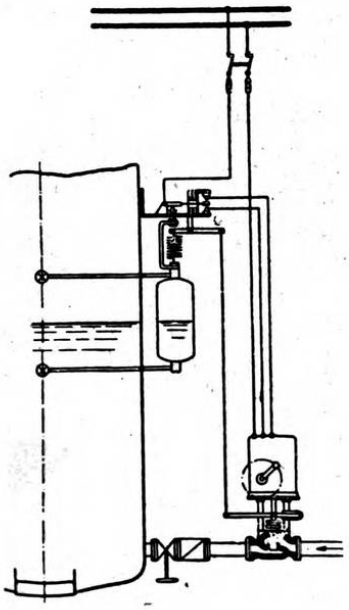


Fig. 16. — Schema della regolazione di livello Brown Boveri.

Il recipiente è meccanicamente collegato con un contatto di commutazione che fa aprire o chiudere la valvola motorizzata.

Un dispositivo di asservimento meccanico elastico rende stabile la regolazione. Come detto in precedenza, il regolatore non interviene per piccole variazioni di livello originate dalle variazioni d'apertura della valvola a farfalla e quindi dalla variazione di livello del tubo portaugelli.

L'escursione tra livello minimo e massimo corrisponde alla capacità del tubo portaugelli e si verifica allorchè la caldaia passa rapidamente da carico zero a pieno carico.

Il Regolatore di pressione Brown Boveri.

Tanto la regolazione di pressione quanto quella di potenza possono avvenire solamente variando il carico assorbito, cioè chiudendo od aprendo la valvola a farfalla tra la pompa di circolazione ed il tubo portaugelli. Questa valvola è manovrabile dall'esterno automaticamente a mezzo di un motorino con riduttore ad ingranaggi nonchè a mano a mezzo di volantino.

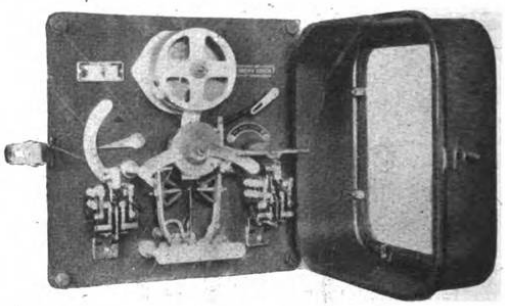


Fig. 17. — Regolatore di pressione Brown Boveri.

Il regolatore di pressione, che agisce appunto sulla valvola a farfalla, rappresentato dalla fig. 17 è costituito fondamentalmente da un organo sensibile alla pressione, cioè da una membrana elastica mantenuta in equilibrio dalle azioni opposte della pressione di caldaia e da una molla antagonista regolabile.

Gli spostamenti della membrana conseguenti a variazioni di pressione vengono rinviati ad una leva portacontatto che si trova tra due altri contatti meccanicamente collegati ad un motorino di distacco.

Quando per una variazione di pressione il contatto centrale si chiude su uno dei laterali, si eccita un relè che avvia il motorino della valvola di regolazione nel senso voluto (chiusura o apertura).

Contemporaneamente viene eccitato il motorino di distacco il quale agisce nel senso di allontanare i contatti laterali aprendo il circuito del relè. Per evitare che gli impulsi si succedano troppo frequentemente un contatto a mercurio meccanicamente accoppiato al relè mantiene eccitato per qualche tempo il motorino di distacco che in tal modo mantiene aperti i contatti per qualche tempo.

Venuto a cessare l'impulso, i contatti laterali, per effetto di una molla di richiamo, tendono a portarsi nella posizione di riposo, ma la loro corsa di ritorno è ritardata dall'azione frenante del motorino di distacco che a tale scopo è munito di un apposito avvolgimento sempre sotto tensione.

Anche questa frenatura contribuisce a distanziare nel tempo gli impulsi.

Ad ogni variazione di apertura della valvola a farfalla segue una variazione di livello, quindi una variazione di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

potenza e, con un certo ritardo dovuto all'inerzia del complesso, una variazione di pressione.

È stato quindi disposto sul regolatore un *elettromagnete* di asservimento sensibile alla corrente ed alla tensione di linea che agisce in parallelo sulla molla del pressostato.

Il regolatore di pressione Brown Boveri segue prontamente qualunque variazione anche brusca dell'erogazione di vapore.

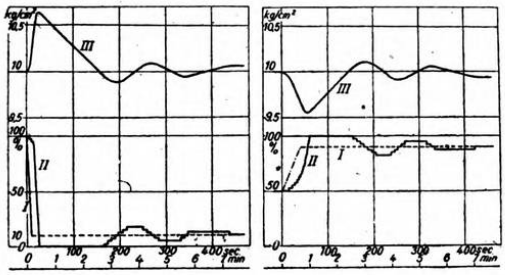


Fig. 18

Fig. 18. — Diagramma di regolazione.

La fig. 18 illustra le curve di regolazione per una caldaia da 600 kW, 16 000 V, 10 kg/cm².

Si vede che per una brusca variazione (tempo impiegato 10 secondi) dell'erogazione di vapore da pieno carico al 10 %, la massima oscillazione della pressione regolata è del 7 % e che dopo solo due o tre oscillazioni di piccola entità la pressione riprende il suo valore normale.

La figura di destra illustra il caso di un aumento del carico dal 50 % al 100 % in 40 secondi: la massima escursione della pressione è del 4 % circa. Naturalmente le aree comprese fra le curve del carico e della potenza assorbita rappresentano la variazione positiva o negativa dell'energia del vapore in conseguenza della variazione di pressione.

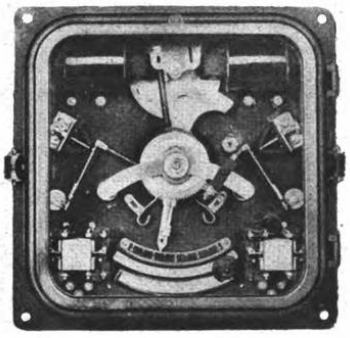


Fig. 19. — Regolatore di potenza Brown Boveri.

Il regolatore di potenza Brown Boveri (fig. 19).

Il regolatore (che realizza una regolazione ad impulsi) è munito di due avvolgimenti motori, collegati rispettivamente ad un trasformatore di corrente e ad uno di tensione, che danno una coppia proporzionale alla potenza da regolare; due altri in opposizione, permanentemente eccitati, si equilibrano.

Quando per effetto di una variazione di potenza il regolatore si sposta e chiude uno dei due contatti, eccita un relè che contemporaneamente fa avviare il motore della solita valvola a farfalla e cortocircuita uno dei due avvolgimenti in opposizione del dispositivo di distacco con l'effetto di creare una coppia contraria alla coppia motrice e quindi tendente a riportare i contatti nella condizioni primitive. Se dopo queste operazioni la potenza non è stata variata a sufficienza, il regolatore ripete l'impulso quante volte è necessario.

Gli elettromagneti collegati in opposizione, fungono anche da freno, cosicchè gli impulsi non si susseguono troppo rapidamente.

Regolatore di frequenza Brown Boveri.

Il regolatore di potenza può essere facilmente trasformato in un regolatore di frequenza, avente lo scopo di far assorbire dalla caldaia un carico tale da mantenere costante la frequenza del generatore cui è collegato (in centrali di piccola potenza).

Lo scopo si ottiene con un circuito risonante accordato sulla frequenza da mantenere costante, che agisce al posto della potenza sul regolatore di potenza. Quando la frequenza della rete si allontana dal valore al quale vogliamo regolarla, interviene il regolatore che fa variare la potenza assorbita dalla caldaia in modo da riportare la frequenza al valore desiderato. Per il resto il funzionamento del regolatore di frequenza non si scosta da quello di potenza.

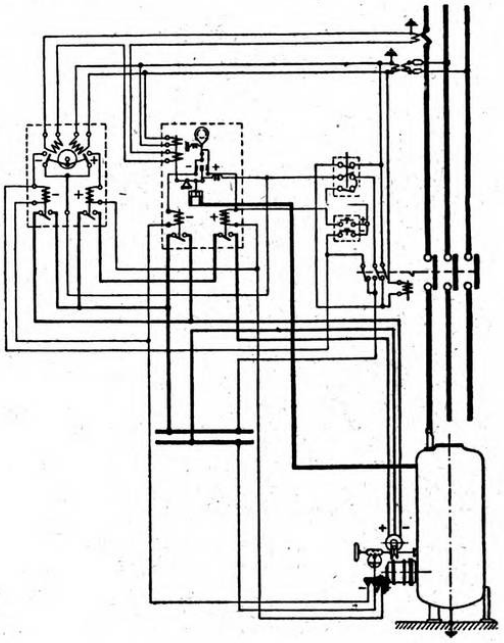


Fig. 20

Fig. 20. — Schema della regolazione combinata pressione-potenza.

Regolazioni combinate.

Generalmente la regolazione di pressione è combinata come si è detto con quella di potenza; in certi casi con quella di frequenza (per cui valgono le stesse considerazioni).

La fig. 20 rappresenta uno schema di principio per la regolazione combinata di pressione e potenza.

In essa si vede che entrambi i regolatori, già precedentemente descritti, agiscono in definitiva sulla stessa val-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

vola a farfalla di regolazione. Particolarità da notarsi è questa: che i circuiti dei due regolatori tendenti a far aprire la valvola di regolazione e quindi ad aumentare la potenza sono in serie: quelli tendenti a farla diminuire sono in parallelo. Ciò significa che un comando di aumento deve essere impartito contemporaneamente da entrambi i regolatori: un comando di diminuzione basta che sia dato da un solo regolatore.

Vediamo come si svolgono le cose.

Possiamo rappresentare il funzionamento della regolazione combinata in un diagramma (fig. 21) in cui le ascisse rappresentano la quantità di vapore prodotto in kg/ora e le ordinate le potenze assorbite.

Tracciamo sul diagramma la retta orizzontale che rappresenta il funzionamento a potenza costante, e la retta inclinata che rappresenta il funzionamento alla pressione costante voluta. Ovviamente nel solo punto di intersezione possono verificarsi entrambe le condizioni, cioè quando la richiesta di vapore corrisponde esattamente a quella che la caldaia può fornire alla pressione voluta con la potenza disponibile.

Al di fuori di questo valore la regolazione può avvenire solo lungo i tratti marcati, cioè con regolazione di pressione nel tratto *AB* e di potenza nel tratto *BC*.

I regolatori si scambiano automaticamente di funzione quando il carico passa per il punto corrispondente a *B*.

Consideriamo il punto *m* che si trova al di sotto di entrambe le rette della pressione e della potenza: i due regolatori chiuderanno i due contatti in serie ed apriranno la valvola a farfalla: il punto *m* di funzionamento tenderà quindi a raggiungere la retta della pressione. Supponiamo ora di trovarci nel punto *n* superiore alla retta della potenza costante: il regolatore di potenza tenderebbe ancora a far alzare il punto, mentre il regolatore di pressione tende a farlo abbassare: il comando del regolatore di potenza, essendo in serie con l'altro, non può essere eseguito; il comando del regolatore di pressione viene eseguito, perchè come si è detto, essendo i due comandi di diminuzione in parallelo, basta uno per farlo eseguire. Conseguentemente il funzionamento della caldaia viene riportato sulla retta della pressione costante.

Simile ragionamento può essere ripetuto per la regolazione a potenza costante (tratto *BC*).

Qualora per una causa accidentale il punto di funzionamento fosse momentaneamente al di sopra di entrambe le rette, il regolatore di potenza o di pressione rispettivamente interverrebbe pure ad abbassarlo, ma il suo intervento sarebbe necessario solo in caso di mancato funzionamento dell'altro regolatore. Il regolatore di potenza nel tratto *AB* e quello di pressione nel tratto *BC* rappresentano quindi una sicurezza in caso di mancato funzionamento dell'altro regolatore.

In conclusione si può affermare: la regolazione combinata di pressione e potenza deve intendersi: *a*) regolazione di pressione e limitazione di sicurezza per la potenza per erogazioni di vapore comprese fra *A* e *B*; *b*) regolazione di potenza con limitazione di sicurezza per la pressione per erogazioni al di là di *B*.

Queste possibilità però non sono arbitrarie, ma dipendono esclusivamente, come abbiamo visto, dall'erogazione di vapore.

Il regolatore di pressione-potenza Mascarini.

Per realizzare il diagramma di regolazione pressione-potenza combinate, il sistema Mascarini per caldaie a regolazione con variazione del livello si avvale di un complesso comprendente due valvole, una a peso, l'altra elettromagnetica (fig. 22), entrambe derivate sul tubo d'alimentazione che collega la pompa di alimentazione alla caldaia.

Quando le dette valvole sono chiuse, tutta l'acqua spinta dalla pompa di alimentazione entra in caldaia ed essendo esuberante per compensare l'acqua che si vaporizza, fa alzare il livello aumentando la potenza assorbita. Quando una o entrambe le valvole sono aperte, non solo l'acqua proveniente dalla pompa viene scaricata nel serbatoio di alimentazione, ma, occorrendo, parte dell'acqua di caldaia viene scaricata ed il livello può abbassarsi rapidamente, diminuendo la potenza assorbita.

La valvola regolatrice di pressione è una semplice valvola a peso, che si apre quando la pressione di caldaia supera la pressione di taratura.

La valvola elettromagnetica invece è comandata da un complesso sensibile alle variazioni di corrente.

Un relè, collegato ad un trasformatore di corrente, quando la corrente e quindi la potenza assorbita dalla caldaia supera il valore fissato, attrae un'ancorina che chiude il circuito della valvola elettromagnetica (alimentata da un trasformatore ausiliario) la quale si apre ed abbassa il livello in caldaia.

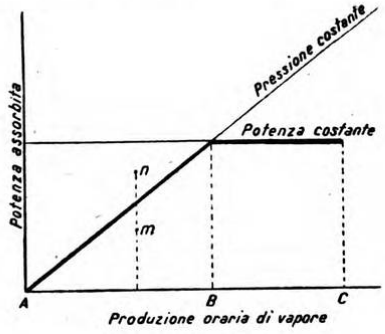


Fig. 21.

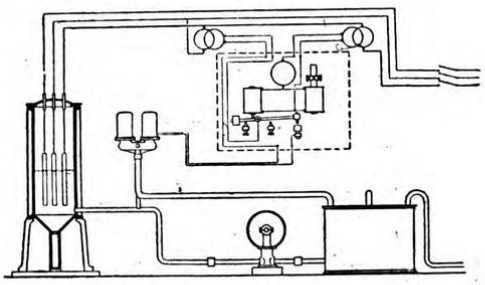


Fig. 22

Fig. 21. — Diagramma della regolazione combinata pressione-potenza.

Fig. 22. — Regolazione combinata Mascarini.

Per poter variare la corrente e quindi la potenza di regolazione, il relè è collegato in parallelo con un elettromagnete a nucleo mobile, spostando il quale si varia il punto di funzionamento del relè stesso.

Regolatore Brown Boveri per caldaie elettriche B.T. di piccola potenza a elettrodi immersi.

Abbiamo visto precedentemente che in questa caldaia elettrica la variazione della potenza è ottenuta per variazione del livello. La fig. 23 mostra lo schema di regolazione.

Un pressostato tarato alla pressione di regolazione a mezzo di un relè ed una valvola motorizzata regolano

Biblioteca nazionale centrale di Roma

l'entrata dell'acqua di alimentazione in caldaia adeguando il livello alla richiesta di vapore.

Sulla medesima valvola motorizzata agisce pure un relè di corrente in serie col pressostato, in modo che, quando la corrente supera il valore di potenza voluto, la valvola motorizzata chiude l'afflusso di acqua e fa abbassare il livello.

Per far fronte a bruschi aumenti accidentali di pressione (ai quali le regolazioni precedenti data la lentezza con cui intervengono non possono far fronte) viene impiegato un secondo pressostato tarato ad una pressione leggermente superiore al primo il quale provoca direttamente l'apertura dell'interruttore generale di alimentazione mettendo fuori servizio la caldaia.

Questo sistema di regolazione è abbastanza semplice e si presta per caldaie di modesta potenza che non devono far fronte a brusche o rapide variazioni del carico.

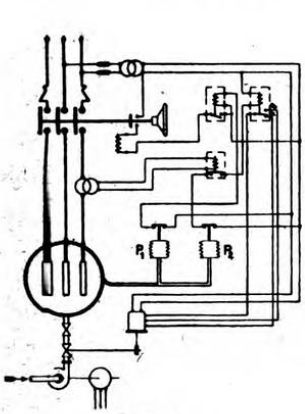


Fig. 23

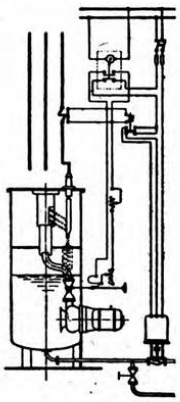


Fig. 24

Fig. 23. — Regolazione combinata semplificata Tecnomasio.
Fig. 24. — Schema della regolazione di spurgo Brown Boveri.

La regolazione di spurgo Brown Boveri.

Abbiamo lasciato per ultima la regolazione automatica dello spurgo perchè la meno importante in quanto spesso sostituita dalla regolazione a mano.

Il regolatore di spurgo ha, come si è detto, il compito di mantenere costante la salinità dell'acqua, eliminando l'eccesso di sali che l'acqua di alimentazione deposita continuamente nel fondo della caldaia.

Ciò è ottenuto (fig. 24) a mezzo di un interruttore orario che ad intervalli di tempo esplora la salinità della caldaia provocando l'apertura o la chiusura della valvola di spurgo secondo necessità.

Se la salinità dell'acqua fosse costante, a ciascuna apertura della *valvola a farfalla* di regolazione corrisponderebbe una potenza ben definita assorbita della caldaia.

Alla messa in servizio della caldaia elettrica, si traccia spesso un diagramma di funzionamento portando in ascisse le aperture della valvola a farfalla e in ordinate le potenze (per una certa pressione).

Il diagramma potenza-apertura ha l'andamento della figura 25 intuitivamente in conseguenza della forma della valvola a farfalla.

Se la salinità aumenta, evidentemente la curva si sposta verso l'alto. Occorre quindi che il regolatore di spurgo esplori ogni tanto il valore della corrente (che nel caso delle caldaie elettriche può ritenersi proporzionale alla potenza) per vedere se per una certa apertura la potenza corrisponde effettivamente al valore del diagramma.

Ciò è ottenuto mediante un riduttore di corrente inserito sulla linea di alimentazione, e collegato in parallelo con una resistenza variabile il cui valore è dipendente della posizione della valvola a farfalla, nonchè con un relè.

Per un certo valore della corrente del riduttore e della resistenza variabile il relè verrà attratto o rilasciato e conseguentemente la valvola di spurgo aperta o chiusa.

Il relè a tempo fa in modo che questa operazione avvenga ad intervalli regolari.

È noto che sugli elettrodi si formano col tempo delle incrostazioni che aumentano la resistenza degli elettrodi

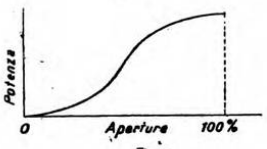


Fig. 25

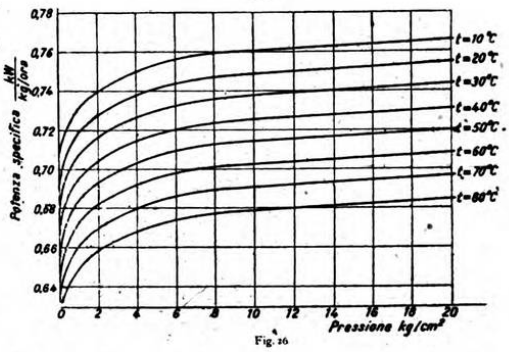


Fig. 26

Fig. 25. — Diagramma della potenza in funzione dell'apertura della valvola a farfalla in una caldaia Brown Boveri.
Fig. 26. — Potenza specifica teorica in kW per kg/ora di vapore in funzione della pressione e della temperatura dell'acqua di alimentazione.

stessi: il regolatore di spurgo, che tende a mantenere costante il diagramma potenza-apertura valvola tollera un aumento di salinità dell'acqua che va a compensare l'aumento di resistenza dovuto alle incrostazioni.

Ciò però, a scanso di inconvenienti, deve avere un limite. È opportuno quindi di verificare periodicamente la resistività dell'acqua, confrontandola con la resistività originale nelle stesse condizioni di temperatura e di funzionamento della caldaia (poichè la salinità non è costante in tutti i punti della massa liquida).

FUNZIONAMENTO DELLE CALDAIE ELETTRICHE.

La relazione che lega potenza elettrica, quantità di vapore e, indirettamente, la pressione è:

$$w = \frac{q\,(I - i)}{860\,\eta}$$

dove W è la potenza elettrica in kW, q la produzione di vapore in kg/ora, I il contenuto termico in cal/kg del vapore saturo alla pressione p (si ricava dal diagramma di Mollier) ed i il contenuto termico dell'acqua di alimentazione.

Il rendimento nelle caldaie elettriche è molto alto; varia dalle piccole alle grandi caldaie da 0,94 a 0,985. Infatti le perdite, tutte di piccola entità, sono dovute: al calore ceduto dalle pareti della caldaia e dalle tubazioni protette da isolanti termici; alle perdite della pompa di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

alimentazione; a quelle del motore della pompa di circolazione interna, quando c'è; alle trasformazioni chimiche (effetti elettrolitici); all'espulsione dell'acqua di spurgo; alle eventuali fughe i vapore. Nelle caldaie AT vi possono anche essere perdite dielettriche negli isolatori.

La potenza specifica teorica in kW per kg/h di vapore prodotto in funzione della pressione e della temperatura dell'acqua di alimentazione è rappresentata nel diagramma di fig. 26.

Si vede che per una certa temperatura dell'acqua di alimentazione la potenza specifica al di sopra di 5 kg/cm² varia poco al variare della pressione.

A titolo informativo osserviamo che per temperatura normale dell'acqua di alimentazione di 20 °C, il consumo teorico di energia per kg di vapore prodotto varia da 0,76 a 0,77 kWh per pressioni comprese tra 5 e 15 kg/cm².

Il funzionamento delle caldaie elettriche a pressione ridotta (rispetto a quella di targa) è un caso molto frequente anche per la tendenza da parte dei Clienti di ordinare le caldaie per pressioni superiori a quelle abituali di esercizio.

Se supponiamo la salinità dell'acqua e la tensione di alimentazione costanti e la valvola di regolazione completamente aperta, passando dalla pressione P_{max}, per cui la caldaia è costruita, alla pressione P, la potenza assorbita si riduce in conseguenza della variazione della conducibilità dell'acqua e quindi della temperatura.

Avremo:

$$\frac{P}{P_{max}} = \frac{1 + 0{,}02\,(t - t_{20})}{1 + 0{,}02\,(t_{max} - t_{20})}$$

La quantità di vapore prodotto varia quindi in conseguenza della variazione sopraddetta di potenza ed anche in seguito alla variazione del contenuto termico del vapore (vedi diagramma 26).

È bene però tener presente che il funzionamento delle caldaie elettriche comporta una certa *elasticità* che dipende dalla possibilità di correggere, entro determinati limiti, la salinità dell'acqua.

Così in pratica una caldaia ben progettata può dare la piena potenza anche a pressione notevolmente inferiore a quella per cui è stata prevista, e ciò solo apportando piccole correzioni alla salinità dell'acqua. Il che è quanto dire che le caldaie ben costruite consentono senza danno dei sovraccarichi abbastanza forti.

Funzionamento a tensione diversa da quella di targa.

Una caldaia elettrica ben costruita non dà luogo ad inconvenienti quando la tensione effettiva di esercizio supera del 10 % quella nominale. Lo stesso dicasi quando la tensione di esercizio è inferiore a quella nominale; naturalmente la potenza assorbita varia col quadrato della tensione se la salinità dell'acqua è costante.

Anche in questi casi però è possibile correggere entro certi limiti la salinità dell'acqua al fine di avvicinare il valore della potenza assorbita a quella nominale.

Comportamento delle caldaie elettriche con neutro a terra.

Nelle caldaie elettriche trifasi il carico, che ha fattore di potenza unitario, è, per costruzione, equilibrato, e se l'ebollizione non avviene tumultuosamente, non subisce oscillazioni che possono disturbare la rete.

Se consideriamo gli elettrodi rappresentati nelle figg. 2 a 5 ci rendiamo conto come le caldaie trifasi di questo tipo si comportino prevalentemente come circuiti utilizzatori collegati a triangolo; abbiamo detto prevalentemente, perchè in realtà una piccola parte della corrente passa anche tra gli elettrodi e la massa della caldaia, che si comporta come centro per i circuiti a stella derivati dal triangolo.

Invece nella caldaia a getti Brown Boveri il carico si suddivide in due stelle parallele, costituite dalle due serie di getti orizzontali e verticali: la massa della caldaia rappresenta il neutro del sistema.

Le caldaie elettriche vengono sempre collegate ad una buona terra ad evitare possibilità di incidenti al personale di governo.

L'isolamento del neutro mediante isolamento della caldaia incontra difficoltà costruttive e di esercizio quasi insormontabili, e qualora tale condizione sia tassativamente richiesta, occorre predisporre un trasformatore di isolamento.

L'esercizio di caldaie elettriche con punto neutro a terra non dà luogo ad inconvenienti quando tutti gli utenti allacciati alla stessa rete sono in buono stato, cioè non presentano terre accidentali nell'interno dei loro apparecchi.

In caso contrario infatti, se non sono previsti dispositivi di protezione, la messa a terra della caldaia può portare alla distruzione dell'apparecchio difettoso.

Questo effetto distruttivo viene però evitato quando gli apparecchi utilizzatori sono protetti contro le sovracorrenti su tutte e tre le fasi (e non solo su due fasi come spesso avviene).

La protezione totale degli apparecchi utilizzatori può di solito essere realizzata facilmente solo in piccole reti, quali sono quelle che alimentano le caldaie a bassa tensione. D'altra parte questo è proprio il caso in cui più frequenti sono le cause di terre accidentali.

Per le caldaie ad alta tensione che in generale sono inserite su reti più importanti, meno soggette a terre accidentali, la possibilità di adottare trasformatori di isolamento urta contro considerazioni di costo che annullerebbero il principale vantaggio rappresentato dalla caldaia ad A.T. che è appunto quello di non richiedere il trasformatore d'alimentazione.

Resta la possibilità di prevedere sulla caldaia un dispositivo di protezione che provochi la disinserzione della caldaia stessa quando sulla rete si manifestano terre accidentali anche per colpa di altri utenti. Ciò è certamente possibile, ma implica in tal caso la messa fuori servizio della caldaia, per colpa di altri utenti.

L'esperienza decennale delle caldaie elettriche con neutro a terra ha dimostrato che le preoccupazioni a questo proposito sono eccessive perchè non si hanno notizie di inconvenienti di rilievo sino ad oggi verificatisi; tantochè la maggior parte delle Società Distributrici italiane ed estere non richiede agli utenti di caldaie elettriche particolari dispositivi di protezione.

DI UN NUOVO MIGLIORAMENTO NEGLI ACCUMULATORI ELETTRICI AL PIOMBO

MATTEO MATERNINI

Pur essendo largamente diffuso, l'accumulatore elettrico e in particolare l'accumulatore al piombo, nonostante i numerosi miglioramenti subiti, presenta ancora delle caratteristiche negative che ne limitano assai il campo di applicazione.

Il nuovo perfezionamento, oggetto della presente nota e frutto di anni di studio e di esperienze del Prof. Ferruccio Luscia, già noto anche su queste colonne per i suoi studi sulle macchine elettrostatiche, consentirebbe la realizzazione di un accumulatore al piombo avente caratteristiche esteriori poco diverse dai normali, ma assai

Biblioteca nazionale centrale di Roma

più robusto, praticamente indeteriorabile, essendone evitata la solfatazione e la solita rapida disintegrazione delle piastre positive, e di capacità notevolmente superiore (50 % *e più*) *rispetto anche ai tipi più leggeri in uso corrente.*

Sono evidenti i vantaggi che un simile perfezionamento reca all'impiego degli accumulatori elettrici, rendendolo ancor più economico e ampliandone nel tempo stesso il campo di applicazione.

1. — GENERALITÀ.

Data la diffusione dell'accumulatore elettrico, ormai raggiunta in tutti i settori dell'attività umana, è evidente che qualsiasi miglioramento introdotto in questo campo sarà largamente sentito da tutti.

Crediamo quindi opportuno rendere ora noto un nuovo perfezionamento, già da tempo in esperimento, riguardante gli accumulatori al piombo, cioè quelli maggiormente usati nella pratica.

Poichè riteniamo senz'altro conosciute al lettore, anche nei dettagli, le caratteristiche costruttive e di perfezionamento degli accumulatari normali al piombo, passiamo subito ad esaminare in cosa consista ed a quali differenze nelle predette caratteristiche abbia portato il perfezionamento realizzato dal Prof. Ferruccio Luscia (1).

È noto che le fasi principali del processo tecnologico per la fabbricazione di un accumulatore sono tre:

1) la fusione delle piastre;

2) la preparazione della pasta attiva e la sua introduzione nei vani delle piastre;

3) la formazione dell'elemento in un bagno di elettrolito diluito.

Quantunque possa essere introdotto anche nella seconda fase di lavorazione, ciò che potrebbe portare ad una vantaggiosa modifica nella forma dell'accumulatore, il perfezionamento viene per ora praticamente applicato alle piastre durante la terza fase e cioè esse, sia positive che negative, vengono assoggettate ad uno speciale processo formativo, durante il quale viene fatto loro assorbire elettroliticamente un catalizzatore metallico.

Durante il funzionamento normale dell'accumulatore, cioè durante i soliti cicli di carica e scarica, l'azione catalizzatrice reversibile di questo elemento ed alcune particolari reazioni chimiche che in sua presenza si svolgono, sia entro la massa liquida dell'elettrolito, sia entro la pasta attiva, durante il passaggio della corrente, modificano il lavoro delle piastre, migliorandone fra l'altro, come vedremo, la loro durata e la loro capacità specifica. L'effetto di questa innovazione è particolarmente visibile sulle piastre negative le quali, a formazione avvenuta, assumono un aspetto metallico e una colorazione tipicamente caratteristica, diversa dalla normale.

È possibile inoltre facendo subire un secondo processo formativo in presenza del predetto catalizzatore ad un accumulatore nuovo ed eventualmente anche usato, conferire ad esso, sia pure in grado minore, i vantaggi presentati dal nuovo tipo di accumulatore perfezionato; se infine questo secondo processo formativo è applicato ad elementi resi parzialmente o totalmente inservibili per solfatazione, se ne rende possibile la rigenerazione oltre a dar loro i requisiti suesposti.

Vediamo ora quali sono le caratteristiche di questo nuovo accumulatore e quale l'entità dei vantaggi che esso offre in confronto ai tipi normali oggi in uso.

Quanto diremo è tratto dalle numerose esperienze di laboratorio e pratiche (2) compiute negli ultimi anni e accuratamente registrate. Crediamo opportuno a questo riguardo far notare fin d'ora che il complesso delle esperienze fatte ha richiesto evidentemente un lungo tempo, dato il tipo del materiale da sperimentare, ed è stato effettuato con mezzi relativamente limitati causa il periodo di eccezionale emergenza e di particolare pericolo, specie per la riservatezza e la sicurezza del brevetto. Comunque i risultati ottenuti, che ora esporremo, sono più che sufficienti a dimostrare la convenienza pratica e le possibilità di applicazione del nuovo perfezionamento; però tali risultati sono ancora alquanto lontani dal mostrarne in via assoluta i limiti e la portata.

Premesso che l'accumulatore, diciamo così catalizzato, non presenta alcuna menomazione, nè richiede particolari accorgimenti nella carica, scarica e manutenzione, un primo vantaggio è costituito dalla sua insolfatabilità e dalla minore disgregazione delle piastre positive. L'accumulatore rimane così praticamente indeteriorabile, restandone accresciuta di gran lunga la durata a qualsiasi tipo appartenga e offrendo la possibilità di essere assoggettato senza alcun pericolo a tutti quegli strapazzi (scarica a zero, corto circuito esterno, soste prolungate di anni senza periodiche cariche e scariche, ecc.), che sono definiti come le cause principali di una sicura rapida rovina di ogni accumulatore.

Fra gli esempi più significativi ricordiamo:

a) un piccolo accumulatore in vetro, da sette anni scaricato a zero e messo in corto circuito esterno, trovasi tuttora in perfetto stato di efficienza;

b) tutti gli accumulatori sperimentati in laboratorio furono per parecchie decine di volte scaricati fino a tensioni di 0,5 V e inferiori senza il minimo danno;

c) una batteria di accumulatori per luce e servizi ausiliari installata su di una vettura filoviaria del servizio urbano di Brescia alla quale, giunta al limite di uso (oltre ventisei mesi di servizio continuo), era stato fatto subire il secondo processo formativo, ha funzionato regolarmente e ininterrottamente senza inconvenienti per altri quattro mesi finchè è rimasta gravemente danneggiata in un incidente che ha distrutto la vettura ed ha così alterato le condizioni dell'esperimento;

d) due elementi di trazione per batterie di elettrocarro, fabbricati dalla Soc. Generale Italiana Accumulatori di Melzo ed in uso presso la Ditta F. Palazzoli di Brescia, solfatati dopo un uso prolungato e quindi completamente fuori uso, sono stati rigenerati e successivamente hanno lavorato continuamente per altri quattro mesi;

e) vari elementi nuovi della F.I.A.M.M. di Montecchio, trattati col processo di seconda formazione, sottoposti ad un esercizio eccezionale per provocarne artificialmente la solfatazione e quindi la rovina (scariche ripetute fino a zero, messa in corto circuito delle piastre per vari giorni, ecc.) lasciati a riposo per oltre un anno dopo le predette esperienze, non presentano il benchè minimo segno di logorio nè di solfatazione;

f) prove analoghe effettuate su elementi quasi nuovi della Soc. Generale Accumulatori di Melzo in uso presso l'Istituto Tecnico Industriale Moretto di Brescia hanno dato lo stesso risultato;

g) accumulatori in servizio sulle vetture filoviarie di Brescia, trattati col processo formativo sussidiario, pur avendo ormai da parecchi mesi oltrepassato il limite normale di durata, trovansi tuttora in regolare servizio, nè danno alcuna manifestazione che lasci prevedere una loro, relativamente prossima, messa fuori uso.

E gli esempi potrebbero continuare.

Ma un secondo vantaggio dell'accumulatore catalizzato, vantaggio sotto alcuni aspetti forse superiore al precedente, è dato dal sensibile aumento di capacità che si verifica nell'accumulatore che ha subito il processo formativo secondo l'innovazione.

Per la determinazione di questa prerogativa favorevole del nuovo accumulatore vennero fatti esperimenti su gruppi di piastre Hensemberger normali del tipo per pic-

(1) Brevetti italiani N. 407347, 408371, e domanda 5222.

(2) Personalmente seguite anche da chi scrive.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

coli elementi da 13 Ah in regime di scarica in 10 ore, le quali vennero formate col processo speciale. Mentre alcuni elementi normali di confronto diedero scariche aventi il solito andamento (fig. 1), gli elementi ai quali era stata fatta subire la formazione speciale presentavano, a parità di corrente erogata, scariche aventi l'andamento di cui alle figg. 2-3-4. Dai risultati di tale scariche si sono dedotti, per le prove fatte con densità iniziale di 38 Bé, alla quale corrispondono i risultati migliori, gli andamenti di capacità di Ah e Wh riportati graficamente nei diagrammi di cui alle figg. 5 e 6. Detti aumenti variano a seconda della durata della scarica e a parità di durata fra il 40 e il 50 % in Ah (fra il 42 % e il 53 % in Wh), considerando un campo di utilizzazione fino alla tensione di 1,7 V. Aumenti del 90 % in Ah e 70 % in Wh si hanno se consideriamo l'utilizzazione completa della scarica fino alla tensione di 0,5 V e la scarica sussidiaria dopo la sosta, scarica di cui parleremo in seguito.

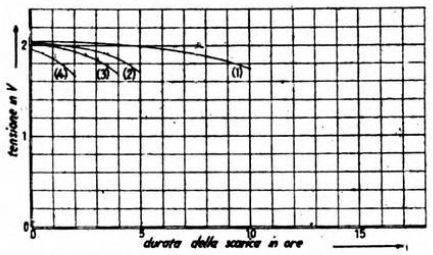


Fig. 1. — Diagrammi normali di scarica di un accumulatore comune non trattato con densità iniziale 33 Bé e capacità di 13 Ah in regime di scarica di 10 ore. Curva (1), scarica con intensità costante di 1,35 A; curva (2), scarica con intensità costante di 2,25 A; curva (3), scarica con intensità costante di 2,70 A; curva (4), scarica con intensità costante di 4,50 A.

Aumenti del 25-30 % maggiori dei precedenti si hanno se si considerano invece tanto per gli accumulatori normali che per quelli catalizzati le stesse intensità di scarica.

Altri vantaggi infine tecnici ed economici presentati dal nuovo tipo di accumulatore sono:

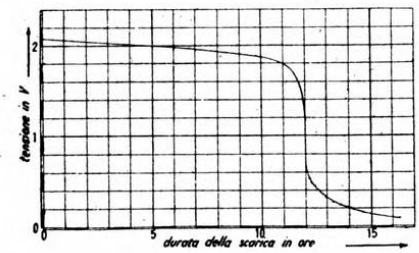


Fig. 2. — Diagramma completo di scarica con intensità costante di 1,7 A di un accumulatore uguale a quello di cui alla fig. 1, ma trattato secondo l'innovazione; densità iniziale 35 Bé.

1) Minori oneri di manutenzione derivanti dal rabboccamento che può essere fatto ad intervalli più lunghi (le batterie in uso presso le filovie urbane di Brescia hanno ormai da oltre un anno dimostrato chiaramente questo vantaggio) e dal minimo numero di pulizie periodiche realizzato per la minore disgregazione a cui sono assoggettate le piastre positive. Questa minore disgregazione, che porta alla assenza quasi totale di sedimento, permette la possibilità di ridurre alquanto il cuscino liquido fra la parte inferiore delle piastre e il fondo del recipiente.

2) La possibilità di poter prolungare, senza pericolo di danni, la scarica anche al di sotto di 1,7 V.

3) La possibilità di sfruttare la breve scarica supplementare che l'accumulatore può ancora erogare dopo una certa sosta dalla fine della prima scarica principale. Come mostrano chiaramente i grafici a destra delle figg. 3 e 4, effettuata l'erogazione completa di energia durante la scarica principale fino alla tensione di 0,5 V, e lasciato in riposo per due, tre o più ore, l'accumulatore eroga ancora energia per circa 40 minuti-un'ora, erogazione che per 20-30 minuti si mantiene ad una tensione superiore ad 1,7 V, praticamente qualunque sia l'intensità della corrente. È evidente il vantaggio di questa erogazione sussidiaria che aumenta, anche nella sola parte utilizzabile (fino ad 1,7 V) di un buon 5-8 % la capacità dell'elemento; inoltre questa capacità residua nella trazione risulta particolarmente vantaggiosa poichè, oltre che tradursi in un aumento di autonomia, può venire utilizzata proprio nei momenti più critici di un veicolo ad accumulatori, cioè quando trovasi con le batterie già scariche prima di giungere alla stazione di arrivo. Il che equivale a dire che con le batterie di nuovo tipo un veicolo ad accumulatori farà sempre ritorno alla stazione di carica.

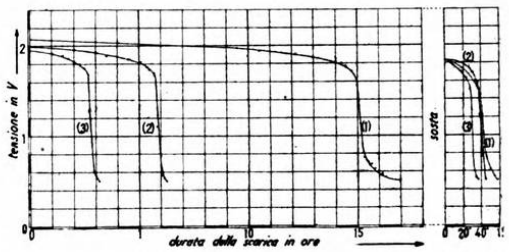


Fig. 3. — Diagrammi di scarica di un accumulatore simile ai precedenti e trattato secondo l'innovazione. Curva (1), scarica con intensità costante di 1,35 A; curva (2), scarica con intensità costante di 2,70 A; curva (3), scarica con intensità costante di 4,50 A. La densità iniziale in tutti e tre i casi era di 33 Bé, la finale 14-18 Bé secondo la durata della scarica.

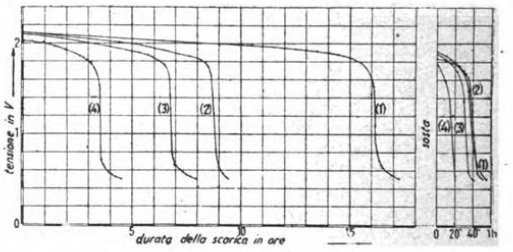


Fig. 4. — Diagrammi di scarica dello stesso accumulatore di cui alla fig. 3, ma con densità all'inizio della scarica di 39 Bé e alla fine di 18-23 Bé, secondo la durata. Curva (1), scarica con intensità costante 1,30 A; curva (2), scarica con intensità costante 2,25 A; curva (3), scarica con intensità costante di 2, 70 A; curva (4), scarica con intensità costante 4,50 A. A destra sono riportati, come nella fig. 3, i diagrammi di scarica dopo la sosta.

Questi i vantaggi principali frutto delle esperienze eseguite fin'ora; non è però escluso che con elementi d'altro tipo, o addirittura di nuovo genere, ma basati sullo stesso principio, sia possibile realizzare vantaggi ben maggiori che non mancheremo di segnalare non appena le esperienze in corso li avranno dimostrati con sufficiente attendibilità.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

2. — CARATTERISTICHE DI FUNZIONAMENTO DEL NUOVO ACCUMULATORE.

Per quanto le esperienze in merito, siano tuttora in corso, si ritiene opportuno richiamare fin d'ora, le principali caratteristiche di funzionamento di questo accumulatore.

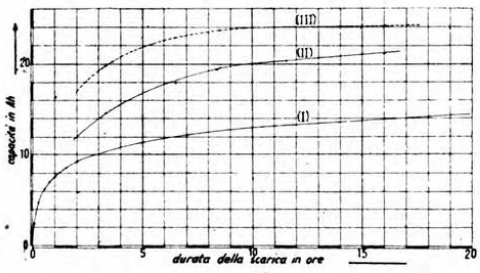


Fig. 5. — Variazione della capacità in Ah con la durata della scarica di un accumulatore da 13 Ah (peso complessivo, elettrolito e cassetta compresi, 1,400 kg). Curva (1), accumulatore non trattato; curva (2), lo stesso accumulatore, ma trattato secondo l'innovazione, con densità iniziale di scarica di 39 Bé e considerando i valori della capacità fino alla tensione di 1,7 V, soltanto per la scarica principale; curva (3), lo stesso accumulatore trattato, con densità iniziale 39 Bé, ma considerato alla capacità totale, sosta compresa, fino alla tensione minima di 0.5 V.

Ricordiamo anzitutto che per ora i nuovi accumulatori non presentano esteriormente nessuna particolare caratteristica costruttiva rispetto ai normali, fatta eccezione della diversa lieve colorazione delle piastre. Similmente la carica avviene con il modo e i mezzi consueti ed il suo andamento non presenta diversità dagli accumulatori normali, salvo che alla maggior resa unitaria, dovuta all'aumento di capacità, deve corrispondere evidentemente un maggior assorbimento d'energia durante la carica. Del pari nessun particolare riguardo è dovuto per la loro manutenzione durante l'esercizio.

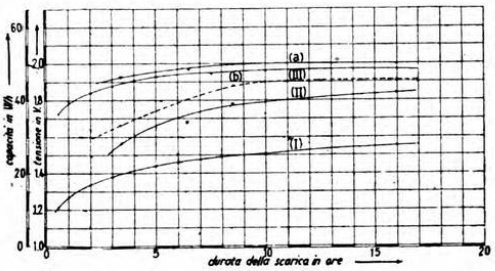


Fig. 6. — Variazione della capacità in Wh di un accumulatore 13 Ah (lo stesso di cui alla fig. 5), in funzione della durata della scarica. Curva (1), accumulatore non trattato; curva (2), lo stesso ma trattato secondo l'innovazione e fino alla tensione di 1,7 V, con densità iniziale 39 Bé; curva (3), lo stesso accumulatore trattato, con densità iniziale 39 Bé e considerando la capacità totale, sosta compresa, fino a 0,5 V. - Curva (*a*) variazione della tensione media in V in funzione della durata della scarica di un accumulatore normale da 13 Ah; curva (*b*), variazione della tensione dello stesso accumulatore, ma trattato secondo l'innovazione e con densità iniziale 39 Bé.

Molto diverso è invece il regime di scarica. Come mostrano chiaramente i grafici delle figure 2-3 e 4 a parità di intensità il nuovo accumulatore mantiene per una durata assai maggiore della normale (anche del 60-65 %) la tensione a valori superiori di 1,7 V. Successivamente verso valori di 1,6-1,5 V la tensione subisce una rapida caduta fino a 0,7-0,6 V. Tale caduta poi diviene più lenta (vedi fig. 2) fino all'annullamento della tensione.

Anche gli accumulatori normali presenterebbero, verso il valore della tensione di 1,6 V, un andamento analogo; se non che alla tensione di 1,8-1,7 V la scarica deve venire interrotta per ragioni di sicurezza dell'accumulatore stesso. Nel caso in esame invece, non presentando la scarica eccessivamente prolungata alcun inconveniente, sarebbe teoricamente possibile utilizzarla tutta. Però in pratica sarà opportuno limitarla ai valori di 1,6-1,5 V che precedono immediatamente la caduta, in quanto le erogazioni a bassa tensione risultano a danno del rendimento in Wh. Nulla impedisce però, in casi eccezionali o se particolari circostanze lo esigessero di sfruttare tutta la scarica fino alle tensioni minime.

Assai maggior utilità presenta invece la scarica, diciamo così, sussidiaria, che l'accumulatore dà alcune ore dopo la scarica principale. Questa seconda scarica, che presenta un andamento ben definito (vedi figg. 3 e 4), si mantiene su tensioni utilizzabili (superiori a 1,6 V) per un tempo sufficientemente lungo e la sua resa in energia è tanto maggiore quanto maggiore è l'intensità di scarica, cioè quanto minore è stata l'energia resa durante la scarica principale.

Di particolare interesse sono i risultati conseguiti nei nuovi accumulatori sul salto di densità dell'elettrolito. Fra l'inizio e la fine della scarica, pur variando secondo le intensità della corrente erogata, la differenza della densità della soluzione di acido solforico raggiunge e supera per basse erogazioni, corrispondenti alle massime capacità, perfino le 20 unità Bé, cioè ad esempio da 33 Bé a 13, da 35 a 15, da 39 a 20.

La possibilità di poter portare la densità iniziale dell'accumulatore a volori superiori ai 35 gradi Bé rappresenta una caratteristica utile molto importante. Ciò infatti consente un sensibile aumento della capacità, poichè quanto più elevati sono i valori estremi della densità tra l'inizio e la fine della scarica, tanto maggiore risulta la capacità in Wh per ogni grado di salto. Questa elevata densità iniziale non ha portato finora ad alcun inconveniente quantunque siano state fatte numerose esperienze in merito; inoltre non è risultato praticamente apprezzabile alcun aumento nella resistenza interna dell'accumulatore. L'aumento della densità iniziale invece produce una maggior tensione iniziale di erogazione e quindi anche una maggiore tensione media (vedi fig. 4), con ulteriore vantaggio della capacità in Wh.

I valori unitari della capacità, cioè il numero di Ah e di Wh per ogni kg di elemento completo di acido e cassetta, possono salire a cifre sensibilmente più alte di quelle oggi in uso. I piccoli accumulatori sperimentati del peso totale di 1,4 kg, rendevano circa 22 Ah (45 Wh) praticamente utilizzabili in luogo dei 13 Ah (25 Wh) normali. Su accumulatori di dimensioni maggiori l'effetto dell'innovazione risulta ancor più sensibile, cosicchè senza preoccupazioni si potrà fare assegnamento su di una capacità (per elementi di tipo leggero e del peso complessivo di almeno 10-20 kg) di 22-23 Ah (45 Wh) per kg con scarica di cinque ore. Capacità queste come vedesi assai maggiori delle attuali di 14,5 Ah (28 Wh) massime raggiunte negli accumulatori più leggeri oggi in uso.

3. — L'APPLICAZIONE PRATICA.

Il perfezionamento, oggetto della presente nota, per le sue essenziali caratteristiche si presta ugualmente bene ad essere applicato a qualsiasi accumulatore compresi quelli già in uso; tuttavia i suoi vantaggi saranno sentiti in maggiore o minore misura in relazione al tipo di accumulatore migliorato.

Per gli accumulatori stazionari i vantaggi sentiti saranno: se già costruiti o in uso, la rigenerazione degli ele-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

menti solfatati, l'accresciuta capacità, i minori oneri di manutenzione, la maggiore durata e la minore delicatezza; se da costruire ai vantaggi predetti si aggiunge il minor costo iniziale dovuto alla maggior capacità specifica della batteria.

Tutti gli impianti attualmente in esercizio di batterie telefoniche, telegrafiche, per stazioni radio, ecc. potrebbero fruire del miglioramento. È evidente però che mentre per le batterie di piccole dimensioni le operazioni necessarie al processo sussidiario di seconda formazione risultano relativamente semplici, più laborioso è il trattamento delle grandi batterie, tuttavia l'onere è tale da rendere sempre molto conveniente anche dal punto di vista economico, la spesa incontrata.

Ma dove il miglioramento dà maggiori benefici è nel campo delle batterie trasportabili per le quali, oltre ai suddetti vantaggi (accresciuti notevolmente dal fatto che gli elementi di queste batterie hanno una durata assai minore di quella delle stazionarie), il minor peso unitario diviene fattore particolarmente favorevole al loro impiego.

Quest'ultima prerogativa risulta essenzialmente nelle batterie di trazione il cui campo di applicazione potrà essere suscettibile, come vedremo, di notevole sviluppo.

Gli accumulatori trasportabili, se in servizio continuo, hanno generalmente una durata variabile da un minimo di cinque-sei mesi per le piastre positive (il doppio per le negative), nel caso delle batterie di trazione, ad un massimo di circa due anni per le batterie di avviamento, illuminazione e servizi ausiliari per aeromobili autoveicoli e motocicli. È chiaro che il raddoppiare la durata di queste batterie sarà un vantaggio assai più sentito che non raddoppiare la durata delle batterie stazionarie, la cui vita media è di circa dieci anni, periodo di tempo, già di per sè alquanto lungo, dopo il quale può darsi che si debba procedere al cambiamento della batteria per motivi (mutamenti nell'impianto, ecc.) indipendenti dalle sue buone o cattive condizioni. Nel primo caso si tratta invece di ridurre a metà le spese d'acquisto e di installazione.

Negli elementi nuovi, dove la maggior capacità è meglio realizzata, a parità di energia richiesta, il minor peso delle batterie si traduce in una proporzionale minore spesa di acquisto. Gli accumulatori installati a bordo di veicoli specie le batterie per avviamento ed illuminazione degli automezzi sono inoltre generalmente soggette a maggiori strapazzi ed a minori cure; ne segue che la migliorata robustezza e la minore necessità di manutenzione costituiscono in questi casi prerogative maggiormente apprezzate. Quanto si è detto sin qui per gli accumulatori trasportabili, va riferito anche alle grosse batterie impiegate nella propulsione navale (sommergibili, mas, battelli elettrici, ecc.) qualora siano costituite da elementi al piombo.

Ma è l'impiego degli accumulatori nella trazione terrestre che potrà risentire più d'ogni altro i vantaggi del nuovo perfezionamento e su questo riteniamo opportuno soffermarci sin d'ora brevemente, quantunque l'argomento, data la sua importanza, potrà essere oggetto di particolare trattazione, non appena le esperienze in corso ed in programma avranno dato risultati sufficienti per stabilire con esattezza se ed in quale misura andranno mutati gli attuali criteri seguiti nell'uso di questo sistema di trazione.

Tre gravi ostacoli oggi ancora si oppongono allo svilupparsi della adozione nella trazione del sistema elettrico ad accumulatori, che pure si presenta assai più economico, non solo in confronto alla trazione termica (vapore e combustione interna), ma in alcuni casi anche rispetto agli altri sistemi di trazione elettrica. Infatti gli accumulatori non richiedono i costosi impianti della linea di alimentazione e per la loro carica possono utilizzare in modo continuo l'energia erogata neile ore di minor richiesta (ore notturne, intervalli di sosta, ecc.). I predetti ostacoli sono:

1) la sorgente d'energia facilmente esauribile che limita l'autonomia del veicolo;

2) il peso delle batterie in proporzione dell'energia accumulata, ancora molto elevato, nonostante tutti i perfezionamenti realizzati fino ad oggi per ridurre questo inconveniente;

3) la durata delle batterie che nei tipi più leggeri non supera per le piastre positive i 200 cicli.

Le numerose pubblicazioni vecchie e recenti in merito non fanno che confermare questo concetto, pur tuttavia tentando di porre in evidenza in quali casi il sistema di trazione con accumulatori risulta ancora conveniente.

Il perfezionamento riduce anzitutto di molto il terzo ostacolo in quanto, anche per gli elementi più leggeri, essendo ridotta al minimo la deteriorabilità delle piastre, la durata risulta di gran lunga superiore alle attuali.

Per quanto riguarda il secondo inconveniente facciamo subito notare che, anche il solo aumento del 50 % nella capacità specifica degli elementi, percentuale che negli accumulatori nuovi potrà essere suscettibile di ulteriori notevoli maggiorazioni, è sufficiente per cambiare addirittura la prestazione dei veicoli ad accumulatori oggi in uso.

Senza entrare nello sviluppo di calcoli che rimandiamo ad eventuale altra nota più completa, ricordiamo che con le normali batterie leggere sarebbe possibile realizzare i seguenti veicoli tipo, per i quali l'aumento di capacità degli elementi presenta la maggior utilità (dati desunti dalla appendice seconda: « Il Veicolo Elettrico ad Accumulatori » al Trattato Moderno di Ferrovie del Prof. Ing. Filippo Tajani):

a) Autovettura a sei posti per viaggiatori: velocità massima in piano 40 km/h; peso a carico, compresi i viaggiatori e la batteria 1400 kg; potenza del motore ai pneumatici circa 5 kW; autonomia 100-120 km.

b) Autobus da 45-50 posti: peso totale, viaggiatori e batteria compresi, 13 000 kg; velocità massima in piano 40 km/h; potenza del motore ai pneumatici 28 kW; autonomia 100-120 km.

c) Autocarro con rimorchio del peso complessivo di 28 t: velocità massima in piano 30 km/h; carico utile 10 t; autonomia 100-110 km; potenza del motore ai pneumatici 46 kW.

d) Automotrice tranviaria del peso totale di 30 t, compresa la batteria e 75 viaggiatori: velocità massima in piano 60 km/h; autonomia 200 km; potenza oraria del motore circa 60 kW effettivi ai cerchioni; pendenza massima superabile, a 40 km/h, 8 ‰.

e) Automotrice ferroviaria per linee di pianura: peso totale, compreso batteria e 100 viaggiatori, 50 t, velocità massima teorica in piano e rettifilo 100 km/h; pendenza massima superabile alla velocità di 70 km/h, 5 ‰; autonomia massima 300 km.

f) La stessa automotrice ferroviaria, ma adattata a linee meno pianeggianti; velocità massima in piano 70 km/h, sul 5 ‰ di pendenza 50 km/h e sul 15 ‰ 35 km/h; autonomia su profilo misto 250 km e rispettivamente 150 e 80 km se su percorso sempre in salita del 5 o del 15 ‰.

Dalle caratteristiche dei veicoli tipo ora citate appare chiara la netta inferiorità esistente ancora fra il veicolo ad accumulatori e gli altri veicoli a trazione meccanica. Non è stato fatto alcun accenno ai carrelli elettrici ed ai locomotori elettrici di manovra in quanto rappresentano uno dei campi di applicazione in cui l'accumulatore già sostiene vantaggiosamente la concorrenza degli altri sistemi di trazione.

Usando gli elementi di nuova realizzazione e seguendo lo stesso criterio di calcolo osservato per la determina-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

zione dei dati precedenti, le caratteristiche dei veicoli di cui sopra diverrebbero:

a') Autovettura per sei viaggiatori: velocità di marcia su percorso pianeggiante 60 km/h; autonomia non inferiore a 180 km; potenza del motore 7,5-8 kW ai pneumatici. Caratteristiche queste largamente sufficienti per qualsiasi servizio pubblico urbano o provinciale.

b') Autobus a 45-50 posti: velocità di marcia su percorso pianeggiante 60/h; autonomia non inferiore ai 180 km. Non sussiste praticamente nessuna differenza sostanziale nella prestazione di questo autoveicolo e quella di un autobus normale di pari capacità in servizio su autolinee urbane e extraurbane.

c') Autocarro con rimorchio da 28 t di peso totale. In questo caso volendo mantenere lo stesso carico utile (10 t) l'autonomia salirebbe a 160-170 km, oppure accontentandosi di una autonomia di 110-120 km il carico utile potrebbe salire ad oltre 13 t, cioè solo il 25 % meno del carico utile trasportato dal corrispondente autotreno stradale a nafta.

d') L'automotrice tranviaria mantenendo la stessa prestazione e la stessa autonomia potrebbe rimorchiare un'altra vettura di 20 t.

e') L'automotrice ferroviaria per linee di pianura potrebbe elevare la velocità di marcia su percorso pianeggiante a 120-130 km/h, con una autonomia di oltre 450 km.

f') L'automotrice ferroviaria per linee acclivi potrebbe elevare da 70 a 100 e da 35 a 50 km/h le velocità normali di marcia rispettivamente in piano e sul 15 ‰ di pendenza, con una autonomia, anche su percorso misto, non inferiore ai 350 km.

Le predette automotrici, riducendo un poco l'autonomia e la velocità massima, potrebbero rimorchiare senza difficoltà una normale vettura di 30 t.

Nessuna differenza sostanziale esiste fra le prestazioni ora citate ai punti *e'*), *f'*) delle automotrici elettriche ad accumulatori e le corrispondenti prestazioni delle normali automotrici ferroviarie azionate a combustione interna; non solo ma è più che sufficiente, in un servizio normale, anche l'autonomia di 400 km circa, difficilmente raggiunta nella percorrenza giornaliera di un'automotrice ferroviaria.

Su linee ferroviarie a medio traffico, anche se relativamente acclivi (15-20 ‰ di pendenza massima), il servizio viaggiatori potrebbe essere dunque molto vantaggiosamente disimpegnato con automotrici del tipo *e'*), *f'*), marcianti isolate, accoppiate o con rimorchio.

A confronto infine con le automotrici a combustione interna, ricordiamo che poco più di 600 kWh di energia elettrica fornita durante le ore notturne sono sufficienti (tenuto conto del rendimento delle batterie e della energia assorbita dal motore, trasmissioni, ecc.) a garantire all'automotrice la prestazione e la percorrenza giornaliera citate col risparmio di almeno 120 kg di nafta e 6 kg di olio, minimo necessario per ottenere lo stesso servizio da una corrispondente automotrice Diesel. Inoltre l'automotrice ad accumulatori presenta minori oneri di manutenzione, ammortamento, ecc. oneri che, nel caso di batterie speciali a lunga durata, risultano ancora inferiori a quelli normalmente previsti fino ad oggi.

Anche senza citare costi e prezzi, argomento oggi quanto mai incerto, appare comunque evidentissima la convenienza del veicolo ad accumulatori equipaggiato con le nuove batterie.

Altro non crediamo aggiungere, dato il carattere informativo della presente nota. Chiudiamo quindi con l'augurio che le prove in corso diano, come già ormai lasciano prevedere, la possibilità di ottenere, specie nella capacità specifica, ulteriori miglioramenti.

BIBLIOGRAFIA

GEORGE WOOD VINAL: *Storage Batteries*. Editore John Wiley e Sons, New York, 1924.

A. CASTEX: *Accumulateurs électriques*. Editore A. Michel, Parigi, 1927.

Ing. A. FRATES: *Pile ed accumulatori elettrici*, 1933.

Prof. Ing. F. TAJANI: *Il veicolo elettrico ad accumulatori*. Editore Libreria Editrice Politecnica, Milano, 1937.

Ing. L. BONACOSSA: *Gli accumulatori elettrici*. Editore G. Lavagnolo, Torino, 1940.

Soc. Edison - Sezione Accumulatori: Listini ed istruzioni varie degli accumulatori « Tudor » di Melzo.

Soc. Hensemberghor: Listini ed istruzioni varie sull'uso degli accumulatori « Hensembergher » di Monza.

Rivista « L'Elettrotecnica »: Articoli vari sugli accumulatori.

Associazione Elettrotecnica Italiana: Rendiconti dei congressi vari.

Società Italiana per il Progresso delle Scienze: Rendiconti congressi vari.

LETTERE ALLA REDAZIONE

Riavvolgimento di alternatori a 42 ed a 45 p/sec per la tensione normalizzata di 50 p/sec.

Riceviamo:

È oggi frequente il caso, anche in seguito a distruzioni belliche, che si debba riavvolgere un alternatore funzionante a 42 o a 45 p/sec in modo che esso possa funzionare in seguito anche alla frequenza normalizzata di 50 p/s.

Nel progettare il nuovo avvolgimento mi sembra che si debba mirare ad ottenere le migliori caratteristiche possibili per il funzionamento definitivo a 50 p/s.

Converrà anche fare in modo che l'avvolgimento dell'alternatore non venga munito di apposite prese per 50 p/s, giacchè esse rendono inattiva una parte dell'avvolgimento proprio nel funzionamento definitivo, per il quale dobbiamo cercare di avere la massima utilizzazione del materiale. Se possibile, sarà pure bene evitare di dovere aumentare il traferro al tempo del passaggio definitivo a 50 p/s, giacchè questa operazione non è facile da eseguirsi bene e rapidamente in centrale. Non resta quindi che progettare un alternatore che con uno stesso avvolgimento funzioni con induzione, che nel passaggio da 42 a 50 p/s varî sensibilmente.

Per contenere entro limiti accettabili questa variazione di induzione, conviene esaminare ogni caso particolare e vedere se, nelle garanzie da dare alla bassa frquenza provvisoria, non vi siano dei margini che si possano restringere senza danno soverchio.

È uso generale di richiedere per i nostri impianti, campi di regolazione assai ampi per la tensione, di modo che la tensione massima è sempre superiore almeno del 5 % a quella media. È quindi spesso possibile che il Cliente, che ben conosce le sue condizioni di esercizio, preferisca funzionare per un paio d'anni con un campo di regolazione più ristretto oppure con una tensione media inferiore, anzichè ricorrere alle prese o all'aumento del traferro.

Ove si dovrebbe però trovare il maggiore e più abbondante margine, specie trattandosi di alternatori collegati con reti a 60 000 V o oltre, è nella possibilità di innalzare il valore del fattore di potenza.

È un fatto accertato che in quasi tutti i nostri impianti idroelettrici il fattore di potenza di targa non è ottenibile nel funzionamento a 1/1 carico con tutta l'acqua disponibile immessa nella turbina, di modo che l'alternatore non può mai venire completamente sfruttato ed occorre funzionare con un carico di kVA inferiore e con un fattore di potenza superiore a quello di targa. È evidente che quando ci si trovi in tali condizioni, il Cliente può

Biblioteca nazionale centrale di Roma

senza alcun sacrificio accettare per il servizio alla frequenza inferiore un fattore di potenza più elevato.

Ultima possibilità di limitazione che si può proporre al Cliente è quella della potenza alla frequenza inferiore. Certo una limitazione di questo genere non dovrebbe essere facilmente accettabile ma è possibile che qualche Cliente la reputi tale in vista della provvisorietà del servizio alla frequenza inferiore e della semplicità del trapasso con la quale egli potrà successivamente passare alla definitiva frequenza di 50 p/s senza dovere eseguire alcuna modifica nè sull'alternatore nè sul trasformatore.

Concludendo mi sembra che, dato che i progetti degli alternatori hanno margini di natura e di misura diverse come pure differentissime sono le esigenze di servizio, non sia possibile seguire in ogni caso la stessa soluzione. Sola norma da seguire in ogni caso mi sembra quella di riavvolgere gli alternatori in modo da ottenere le migliori caratteristiche per la frequenza di 50 p/s. Onde potere dare la garanzia per il funzionamento alla bassa frequenza di 42 o 45 p/s, occorrerà richiedere al Cliente i seguenti dati:

1) Quale minima tensione massima e quale minima tensione media è possibile accettare per il funzionamento alla frequenza provvisoria.

2) Se è possibile elevare il fattore di potenza di targa limitatamente alla frequenza provvisoria.

3) Nel caso che il Cliente risponda negativamente ai due punti precedenti, chiedere se può accettare una riduzione della potenza nominale di targa in kVA, sempre limitatamente alla frequenza provvisoria.

Nel caso che il Cliente rispondesse negativamente a tutte e tre le domande precedenti, sarà necessario ricorrere o all'aggiunta di prese nel trasformatore o all'aumento del traferro quando si passerà definitivamente al servizio a 50 p/s.

Milano, 9 agosto 1945. Ing. ALESSANDRO WAGNER

*

Marconi e Ferraris nella toponomastica cittadina.

Il Socio ing. Ferdinando Restelli ci comunica copia di una lettera inviata alla Commissione per la Toponomastica cittadina e che riteniamo meriti di essere fatta conoscere ai nostri lettori i quali certamente converranno con le osservazioni dell'ing. Restelli.

Milano, 13 giugno 1945.

Onorevole Commissione
per la Toponomastica cittadina,
Milano

Milano ha dedicato a due scienziati italiani di fama mondiale due delle sue arterie.

Tale riconoscimento era doveroso e Milano non poteva a meno di onorare tali geni ma, disgraziatamente, ha tributato un onore enormemente inferiore ai meriti loro. Trattasi di Guglielmo Marconi *e* Galileo Ferraris.

Marconi Guglielmo, *lo scopritore della trovata più squisitamente umana, il salvatore di migliaia di vite, è ricordato assegnando al suo nome una arteria che forse è la più breve della città, senza nessun accesso ad edifici, così che mai viene citata nella corrispondenza e nelle indicazioni urbane. Da ciò deriva che essa è sconosciuta fuori della città e quasi ignorata dagli stessi milanesi.*

Ferraris Galileo, *lo scopritore del campo rotante che portò alle realizzazioni del motore elettrico che tanto incrementò la motorizzazione industriale con beneficio inestimabile al progresso sociale. All'estero si nomina questo scienziato tutte le volte che si cita un motore elettrico in quanto questo viene individuato con la locuzione « Motore a campo rotante Ferraris ». In Italia, sua patria, è troppo dimenticato e da troppi ignorato.*

A questo scienziato Milano ha dedicato una via periferica fra le più corte e prive di traffico: si tratta di una strada con tre numeri civici e cieca.

È doveroso rimediare a tanta ingiustizia a costo anche di disturbare il pubblico con le invalse e deprecate sostituzioni di denominazioni delle arterie cittadine.

Sarò grato se mi si vorrà dare assicurazione di un provvedimento idoneo e anche se... si riterrà opportuno cestinare la presente mia proposta.

Distinti saluti.

Dott. Ing. FERDINANDO RESTELLI

LA NOSTRA INDUSTRIA

In questa rubrica vengono pubblicate a titolo assolutamente gratuito ed a giudizio esclusivo della Redazione notizie riguardanti la produzione e lo sviluppo delle industrie nazionali.

Gruppi turbogeneratori Ljungström.

Fino a pochi anni addietro l'industria italiana non costruiva gruppi termici per la produzione di energia elettrica del tipo speciale con turbina Ljungström; i gruppi del genere installati da noi erano di importazione.

Dato l'interesse suscitato un po' dappertutto da queste costruzioni ed il loro sviluppo, l'Ansaldo (concessionaria in Italia per le turbine Ljungström) ha cominciato a costruire nel 1939 i primi gruppi Ljungström a 3000 giri/min: lo stabilimento meccanico costruisce le turbine, lo stabilimento elettrotecnico, particolarmente specializzato nella costruzione di generatori bipolari (mezzo milione di kVA nel periodo 1935-1942), costruisce le macchine elettriche.

Fra i vari gruppi Ljungström, a condensazione ed a contropressione, per centrali e per impianti industriali, finora costruiti per un totale di circa 100 000 kVA, quello di maggior potenza è di 20 000 kVA.

La turbina di questi tipi di gruppi, a reazione, è a due giranti ruotanti in senso inverso. Con la doppia rotazione

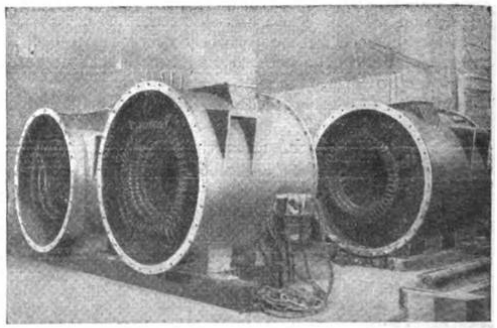


Fig. 1. — Statori di alternatori per gruppi « Ljungström ».

la velocità relativa delle palette risulta doppia, e quindi la caduta termica ottenuta, a parità di tutte le altre condizioni, è la stessa di quella che si ottiene in una turbina a reazione ordinaria che ha un numero quadruplo di espansioni. Alle due giranti sono accoppiati due generatori elettrici di potenza metà. Nonostante questo sdoppiamento del macchinario elettrico, l'ingombro complessivo del gruppo risulta inferiore a quello di un eguale gruppo normale con turbina monocilindrica, ed il rendimento risulta superiore.

Il tipo costruttivo dello statore di ogni alternatore è quello normale, cioè con carcassa saldata, avvolgimento del tipo embricato a doppio strato con bobine ad isolamento omogeneo impregnate in autoclave e pacco magnetico con canali di ventilazione radiali.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il tipo costruttivo del rotore è a cave radiali. È opportuno accennare che nella fabbricazione degli avvolgimenti induttori degli alternatori a rotore cilindrico, l'Ansaldo usa un particolare procedimento nell'isolamento tra le spire e verso la massa, sostituendo alla mica uno speciale prodotto di amianto impregnato con resine, pressato fortemente a caldo con speciali attrezzature, in modo da cementare con le resine il materiale conduttore ed il materiale isolante, ottenendo così una buona dissipazione del calore e una perfetta stabilità meccanica ed elettrica dell'avvolgimento in opera.

Nei tipi Ljungström il rotore deve avere dimensioni tali che l'albero risulti rigido: la prima velocità critica del gruppo deve essere superiore alla massima velocità che si può avere nell'esercizio, cioè alla sopravelocità di prova (125 % della velocità normale).

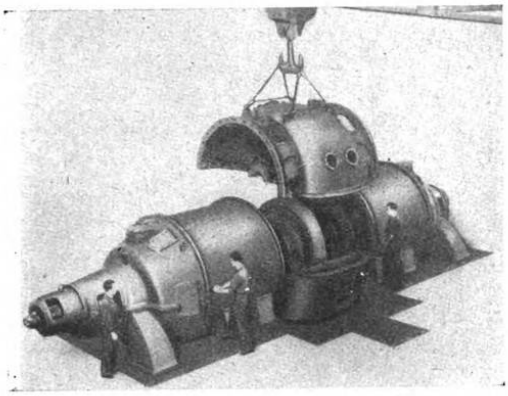


Fig. 2. — Gruppo « Ljungström » in montaggio.

Gli indotti delle due macchine elettriche sono collegati in parallelo, gli induttori in serie.

I gruppi Ljungström godono della massima insensibilità alle variazioni termiche, qualità preziosa per la rapida messa in servizio e per esigenze di esercizio molto variabili; ciò si deve alla costruzione della turbina concentrica, liberamente dilatabile ed alle masse ridotte degli organi mobili della stessa.

Essi sono inoltre di assoluto riposo per quanto riguarda gli effetti di eventuali cedimenti delle fondazioni, in quanto, essendo a struttura monoblocco, è esclusa ogni alterazione nell'allineamento della linea d'asse: anzi è possibile l'esercizio anche con la linea d'asse inclinata.

Il ritmo delle costruzioni del genere si era intensificato e l'interesse delle società esercenti cresceva, quando sopraggiunse il moltiplicarsi delle difficoltà dovute alla congiuntura bellica che quasi paralizzò ogni realizzazione.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

H. GOETSCH: *Tecnica delle telecomunicazioni*, vol. I - *Introduzione e tecnica delle segnalazioni*. (Milano, U. Hoepli, 1945. - Un volume di 17,5 × 25,5 cm, di 310 pagine, con 519 fig.).

L'opera che ora si presenta per la prima volta nella traduzione italiana, a cura di F. Fiandaca, consta di due volumi dei quali finora è apparso solo il primo; il secondo tratterà di telegrafia, telefonia, linee di trasmissione, montaggio, misure.

L'idea di raccogliere in un quadro organico gli elementi di quella parte della tecnica che riguarda nel modo più generale le comunicazioni a distanza può ritenersi opportuna sia ai fini didattici sia a quelli pratici. Infatti in questo ramo dell'elettrotecnica, che va acquistando sempre maggiore importanza nei tempi moderni, si è ormai sviluppata una quantità di direttive costruttive, di circuiti particolari, di apparecchiature speciali, che hanno spesso molta somiglianza fra loro e trovano larga e svariata applicazione, mentre si distinguono più o meno nettamente da quanto viene fatto invece nel campo delle applicazioni delle così dette correnti forti.

La prova di questo risulta evidente a chi scorre la materia trattata in questo primo volume non fermandosi ai titoli dei capitoli che sembrano riferirsi alle più disparate applicazioni, ma addentrandosi nell'analisi e nella lettura degli argomenti esposti.

Questo primo volume è diviso in due parti, una di introduzione generale e l'altra relativa alla tecnica delle segnalazioni.

La prima parte ha carattere generale e fondamentale. In essa, dopo un rapido richiamo delle nozioni fondamentali di elettrotecnica, vengono anzitutto considerati i diversi generatori di energia usati nella tecnica delle telecomunicazioni e cioè pile e accumulatori, descrivendone i tipi principali ed esponendo norme di installazione e di esercizio; successivamente viene trattato dei raddrizzatori, dei tubi a luminiscenza e dei trasformatori ruotanti e sono illustrati gli apparecchi di carica e di alimentazione, gli invertitori e altri generatori di corrente alternata. Un breve capitolo è dedicato alle sonerie e alle trombe e sirene elettriche.

Di grande interesse è il capitolo, svolto con adeguata ampiezza, relativo ai relè; ne sono esaminati e illustrati nella loro costruzione e nel loro funzionamento un grande numero, dividendoli in 3 gruppi: relè per segnalazioni, telefonici e telegrafici. Chiude la prima parte un breve capitolo sui concetti direttivi per la costituzione dei circuiti.

La seconda parte considera, in 19 capitoli successivi, le varie applicazioni della tecnica delle segnalazioni e cioè: impianti di sonerie, impianti di chiamata luminosa, teleindicatori di livello, contatori d'acqua con teleindicatori, misure a distanza di temperatura, protezioni antifurto, chiudiporte elettrici, analizzatori di gas, telemisure elettriche, trasmettitori di ordini, telecomandi e telecontrolli, segnalazioni per traffico stradale, per tramvie, per ferrovie, impianti di blocco per ferrovie, impianti di segnalazione per miniere, avvisatori di incendio, segnalazioni antiaeree, orologi elettrici.

La vastità della materia è tale che non era possibile dare ad essa uno sviluppo completo ed esauriente ed ogni argomento ha dovuto quindi essere contenuto in limiti adeguati alla economia generale del libro. Ne deriva che alcuni di essi, come ad esempio le telemisure elettriche, le misure di temperatura, ecc., sono risultati alquanto sacrificati in confronto alla importanza che essi assumono nelle applicazioni della tecnica moderna. Non poteva tuttavia essere nelle intenzioni dell'A. lo scrivere un libro che soddisfacesse ai bisogni degli specialisti di tutti i molteplici argomenti ma piuttosto un libro d'informazione generale che presentasse ai tecnici un quadro delle svariate possibilità offerte in questo campo dalle applicazioni elettriche; e sotto questo aspetto il libro raggiunge certamente in modo efficace il suo scopo.

L'A. si limita alla esposizione descrittiva della costruzione e del funzionamento degli apparecchi senza entrare nelle questioni di progetto e di calcolazione. La forma è semplice e piana, resa più efficace dalle molte buone figure.

*

G. BÜSCHER: *Elettrotecnica figurata*. (Hoepli, Milano 1945 - Un volume di 17×25 cm, di 128 pagine, e circa 750 figure - Prezzo L. 70).

Il libro è fatto per quei moltissimi che non hanno alcuna nozione dei fenomeni elettrici o, almeno, ne hanno, ma assolutamente primordiali.

Non solo è bandito completamente l'algoritmo matematico, ma l'Autore si giova principalmente dell'analogia con fenomeni più evidenti che si hanno in altri campi.

Le analogie, come avverte il Traduttore, sono uno spauracchio ed un pericolo. Tanto più pericolo in quanto per rendere accessibili concetti ostici si deve sacrificare il rigore e la precisione scientifica.

Il libro però, divertente e quasi scherzoso, può essere utile al profano.

L'attuale è la Terza edizione italiana.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

*

C. SOLARI — *Macchine elettriche.* - Vol. II: *Macchine a corrente alternata.* II edizione. (Milano - U. Hoepli, 1945 - Un volume di 17×25 cm, di 629 pagine, con 623 figure - Prezzo L. 280).

Abbiamo dato a suo tempo notizia della pubblicazione, in seconda edizione, del primo volume di questa opera. Appare ora il secondo volume che completa il trattato.

Il corso di Macchine elettriche compilato dall'ing. Solari specialmente ad uso degli Istituti Industriali e Tecnici è già favorevolmente noto. Questa nuova edizione, pur conservando la impostazione generale della precedente si presenta rispetto ad essa, in molti punti, riveduta, aggiornata e aumentata.

La materia trattata riguarda sostanzialmente tutti i tipi di macchine a corrente alternata. Dopo due capitoli introduttivi sui sistemi polifasi e l'elettrostatica, vengono prima studiati i trasformatori nelle loro particolarità costruttive e funzionali di collegamento, regolazione, ecc.; capitoli particolari sono dedicati ai trasformatori per strumenti di misura e alle bobine di reattanza. Si passa poi allo studio delle macchine sincrone, alternatori e motori. Seguono alcuni capitoli dedicati ai motori asincroni, ai generatori a induzione, ai regolatori a induzione, ai trasformatori di frequenza, alle convertitrici di fase, ai motori a collettore, ecc. Un altro gruppo di capitoli riguarda le macchine per cambiare la natura delle correnti: commutatrici e transverter. Particolarmente notevoli rispetto alla edizione precedente sono i capitoli relativi ai raddrizzatori a secco e ai mutatori a vapore di mercurio.

Seguono due capitoli sulle macchine speciali, statiche (trasformatori a corrente costante, ecc.), o rotanti (alternatori a ferro rotante, motori sincroni senza eccitazione, ecc.).

Gli ultimi due capitoli sono dedicati allo studio dei difetti nei trasformatori e nelle macchine.

La esposizione è sempre descrittiva e intuitiva, tendendo a dare una buona conoscenza delle caratteristiche costruttive e funzionali delle macchine, prescindendo dalle calcolazioni relative. L'opera si presta quindi assai opportunamente a chi voglia seriamente iniziarsi in questa materia pur non avendo una vasta e profonda preparazione fisica e matematica.

Dal punto di vista didattico molto utile è pure la ricca raccolta di esercizi che chiude il volume.

*

E. GUARINI — *La refrigerazione e il ricupero del calore perduto.* (Milano, 1945, Editore A. Bertieri - Un volume di 24×16 cm, di 203 pagine, con 84 figure - Prezzo L. 120).

In questo volume l'A. ha raccolto in maniera eccletica ed esposto con vedute talvolta personali notizie teoriche e pratiche intorno ad un certo numero di argomenti riguardanti gli impianti frigoriferi, i sistemi di recupero di calore nella industria, la termocompressione ecc.

Il modo della esposizione e gli apprezzamenti non sempre indiscutibili esigono una certa prudenza nell'uso di questo libro dove pure sono contenuti dati utili e notizie pratiche su molte industrie ed applicazioni.

Il volume è anche corredato da tabelle numeriche di dati, da schemi di impianto, tipi di macchinario, ecc.

Gli argomenti sono, per se stessi, di grande importanza tecnica ed economica.

*

L'Alluminio nelle linee elettriche aeree. II edizione. (Milano, 1944, Alluminio S. A. - Un volume di 24×16 cm, di 362 pagine con circa 300 fig. - Prezzo L. 140).

Abbiamo a suo tempo segnalata la prima edizione di questo volume rilevandone i pregi nei riguardi di una questione di attualità come è quella dell'impiego dell'alluminio nelle linee aeree e nei conduttori nudi di connessione.

Presentiamo ora la seconda edizione la quale, mentre conserva l'impostazione generale della precedente, presenta varie aggiunte e modificazioni che costituiscono un necessario aggiornamento. Fra queste vanno ricordate le più ampie notizie riguardo alle applicazioni alle linee di telecomunicazione, alla saldatura dei conduttori di alluminio, ecc.

Il volume è ricchissimo di dati e di notizie sui conduttori di alluminio e sulle relative apparecchiature, sul montaggio delle linee ecc.

Numerose figure di carattere costruttivo e applicativo corredano il volume il quale è anche arricchito da 34 tabelle numeriche contenenti dati applicativi di vario genere.

*

G. BIDDEL AIRY: *Gravitazione.* (Hoepli, Milano 1945 - Un volume di 14,5×19 cm, di 192 pagine, con 50 figure - Prezzo L. 40).

La richiesta del volume dell'Airy ha indotto la Casa Editrice Hoepli ad una ristampa. La nuova edizione, corretta da L. Gabba, ha aggiornato le note e i dati numerici della traduzione fatta nel 1893 da F. Porro.

Il volume è un succinto e classico trattato di astronomia.

L'Autore ha inteso spiegare le perturbazioni del sistema solare senza introdurre alcun simbolo algebrico.

Il volume, pur essendo privo di sviluppi matematici, è destinato a quella categoria di studiosi che abbiano una certa familiarità almeno con gli elementi basilari di questa disciplina.

*

A. AMERIO - M. NOZARI — *Esercitazioni di fisica.* (Milano, Libreria Editrice Politecnica, 1945 - Un volume di 25×17 cm, di 411 pagine, con 207 figure - Prezzo L. 300).

Il libro, concepito come guida per gli allievi delle Scuole di ingegneria, raggiunge assai efficacemente il suo scopo e si presenta di grande utilità per la formazione della mentalità sperimentale e tecnica dei futuri ingegneri oltrechè come complemento a volte efficace agli insegnamenti dei corsi di fisica.

Non è infatti chi non veda quanto utile, vorremmo dire indispensabile, sia, alla assimilazione delle nozioni teoriche di tale disciplina, il passaggio alle applicazioni pratiche e alle realizzazioni sperimentali. Il libro adempie appunto a questo ufficio descrivendo e quasi concretando passo passo agli occhi del lettore la esecuzione delle singole esperienze. Tanto che in molti casi esso può essere utile anche qualora il lettore non possa in realtà materialmente eseguire l'esperienza stessa.

E l'utilità è tanto maggiore in quanto gli AA. hanno scelto numerosi esempi sperimentali tenendo sempre presente di rivolgersi non a fisici puri ma a futuri ingegneri; infatti la maggior parte delle esperienze descritte hanno un diretto riflesso nella tecnica o sconfinano addirittura nella tecnica stessa.

Un libro quindi ben concepito e ottimamente realizzato che può essere vivamente raccomandato come preparazione dei giovani alla loro formazione per affrontare gli insegnamenti superiori e anche parecchie difficoltà che potranno incontrare negli inizi della loro carriera.

*

M. ROSSI — *Attrezzature meccaniche e lavorazioni moderne per la produzione in serie.* II edizione. (Milano - U. Hoepli, 1943 - Un volume di 17×25 cm, di 523 pagine con 330 fig. - Prezzo L. 100,—).

La produzione in serie, affermatasi tanto ampiamente nella industria meccanica, esige la disponibilità di una adeguata attrezzatura la quale deve essere a sua volta accuratamente e razionalmente studiata onde trarre dalle lavorazioni in serie tutto il vantaggio che esse possono dare.

Il libro che presentiamo, nella sua seconda edizione riveduta e aumentata, vuole essere appunto una guida allo studio e alla preparazione delle attrezzature meccaniche secondo criteri pratici e razionali.

La prima Parte dell'opera, come necessaria introduzione, studia le varie fasi di lavorazione alle macchine utensili, nelle loro caratteristiche e nelle loro esigenze, presentando anche i necessari elementi di calcolo. Sono anche illustrati alcuni particolari esempi di lavorazioni.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

La seconda Parte comprende invece un primo capitolo sui vari sistemi di attrezzature; un secondo, assai ampio, sui sistemi di misura e di controllo. Un altro capitolo illustra una quantità di dispositivi e attrezzature particolari, mentre l'ultimo riguarda calcolazioni varie relative alle lavorazioni.

Il volume si chiude con una appendice che comprende una serie di tabelle numeriche, una raccolta di formule di uso corrente, e parecchie tabelle UNI.

Il volume, corredato da molte figure, può riuscire assai utile ai tecnici di officina e agli industriali meccanici che vogliano modernamente organizzare la loro produzione.

*

G. MASOTTI BIGGIOGERO — *Lezioni di Geometria Proiettiva.* (Milano, Libreria Editrice Politecnica, 1944 - Un volume di 25×17 cm, di 290 pagine, con 188 fig. - Prezzo L. 260).

Il volume raccoglie il contenuto delle lezioni tenute dall'Autrice agli allievi architetti del Politecnico di Milano e mantiene quindi la impostazione nettamente didattica.

La materia esposta è quella classica dei corsi d'insegnamento che espongono i fondamenti della geometria proiettiva. Dopo alcuni capitoli che possono considerarsi introduttivi sulle nozioni generali dei rapporti e birapporti, delle forme di prima e seconda specie proiettiva o sulla omologia piana, si passa allo studio delle questioni fondamentali della proiettività fra forme di prima specie e delle proprietà proiettive delle coniche.

La esposizione è stringata e chiara e bene ordinata, in modo che il lettore è guidato gradualmente ed efficacemente nella lettura e nell'apprendimento della materia.

Il volume può essere molto utile a chi voglia iniziarsi seriamente allo studio della geometria proiettiva.

*

L. GAZZANIGA — *Il libro delle filettature.* (Milano, Hoepli, 1945. - Un volume di 19×12,5 cm di 171 pagine, con 158 figure - Prezzo L. 120).

La filettatura, nei molteplici modi in cui può presentarsi, si può veramente considerare un elemento fondamentale della costruzione delle macchine. Essa ha dato luogo allo sviluppo di una tecnica speciale per le lavorazioni, le misure e i controlli, nonchè ad un lavorio internazionale di unificazione che ha già ottenuto notevoli risultati.

I tecnici meccanici apprezzeranno quindi questo volume dedicato appunto alla complessa questione delle filettature, la quale viene con ampiezza e competenza presentata nei suoi vari aspetti e illustrata con grande ricchezza di notizie, di dati e di figure.

La materia è divisa in 4 capitoli. Il primo, di carattere generale, tratta delle definizioni, dei sistemi di filettatura, dei calcoli relativi ai bulloni e ai collegamenti meccanici.

Il secondo, ampio capitolo, si occupa della esecuzione delle filettature, trattando dei vari metodi di lavorazione, illustrando utensili e macchinario, e parlando della unificazione delle filettature.

Il terzo capitolo è dedicato ai metodi di controllo, alle tolleranze e gli errori di lavorazione. Il quarto ed ultimo riguarda i lavori di filettatura dei materiali per bulloneria e per gli utensili.

Un notevole pregio del libro è costituito dalle molte buone figure e dalle abbondanti tabelle (33, di cui 16 fuori testo) che corredano e documentano il testo.

*

I. BARTOLI - F. MASI: *Conoscere l'acciaio* (Milano, Soc. Ed. Poligono, 1945. Un volume di 17 × 24 cm, di 92 pagine con molte figure. Senza indicazione di prezzo).

La Soc. Editrice Poligono inizia con questo volume una promettente raccolta di « quaderni » intitolata « Civiltà della Tecnica », intesa a diffondere negli ambienti delle persone colte, ma non specializzate, i procedimenti tecnici della produzione delle più importanti industrie.

Il proponimento è certamente opportuno e questo primo quaderno, al quale parecchi altri già annunciati seguiranno, permette di ritenere che anche la realizzazione pratica di esso sarà fatta con criteri soddisfacenti ed opportuni.

Il presente volume costituisce infatti una descrizione seria, relativamente completa delle successive lavorazioni che portano dal minerale ai prodotti lavorati di acciaio e di ghisa e alle loro principali applicazioni.

Gli AA. hanno saputo esporre la complessa materia con chiarezza e precisione, senza appesantire il testo di eccessivi dati tecnici pur presentando ciò che vi è di essenziale; la forma è semplice, descrittiva, non faticosa pur senza perdere mai la compostezza tecnica.

Il libro prende le mosse dalle più antiche notizie e dai documenti della tecnica primitiva per passare poi ai procedimenti moderni per la fabbricazione delle ghise e dell'acciaio e alle successive lavorazioni di fucinatura e di laminazione. Sono aggiunte alcune sobrie notizie sulla metallografia della ghisa e degli acciai e sulle prove di questi materiali. In ultimo sono illustrati grandiosi esempi di costruzioni metalliche di svariatissimo tipo.

Il testo è corredato da molte belle figure che danno al lettore una visione chiara e una impressione tangibile di quanto il testo descrive. Notevole e comodo è anche un breve dizionario dei principali termini metallurgici, aggiunto in calce al volume. Una grande tavola fuori testo illustra assai efficacemente l'intero ciclo di lavorazione, dalla miniera ai prodotti finiti.

Nel complesso, veramente un buon libro adatto al pubblico a cui è destinato e che ogni persona colta scorrerà con vivo interesse e con reale profitto.

DALLE RIVISTE

P. F. Rollard — **La nuova sottostazione di collegamento e di distribuzione « Centrale termica » del Service de l'Electricité di Ginevra.** (A.S.E. Bull., 22 marzo 1944, pag. 135 a 144, con 16 fig.).

La costruzione della centrale di Verbois e la soppressione di quella di Chèvre obbligarono l'Azienda Elettrica di Ginevra a modificare la struttura della propria rete primaria di trasporto e di distribuzione.

Gli alternatori di Verbois generano energia alla tensione di 18 000 V fra fasi; la trasmissione fino a Ginevra avviene a tale tensione, data la distanza di soli 11 km. La trasmissione avviene per mezzo di 7 cavi (in seguito saranno 10) di tipo Hochstaedter, a tre conduttori di 150 mm² in rame, capaci ciascuno di portare 7500 A. Essi mettono capo a Ginevra alla nuova sottostazione di collegamento detta della « Centrale termica » perchè costruita nelle immediate vicinanze di questa, la quale è prevista come centrale di soccorso e contiene 2 turboalternatori e 2 gruppi Diesel-alternatori capaci di fornire 15 000 kW a tensione bifase di 3 000 V; i generatori della centrale termica sono collegati alle sbarre trifasi a 18 000 V mediante trasformatori di accoppiamento Scott.

Per necessità di spazio si è dovuto utilizzare per la nuova sottostazione l'edificio esistente di una vecchia sottostazione di collegamento e distribuzione bifase a 3 000 V che non può essere soppressa interamente perchè alle sue sbarre sono collegati i motori delle dinamo dei tram cittadini, i generatori della centrale termica e i trasformatori Scott. I circuiti superstiti di tale sottostazione furono raggruppati ad una estremità dell'edificio, utilizzando la rimanente parte per il nuovo impianto, il quale comprende 33 circuiti. Si è potuto così realizzare una forte economia di cemento e di ferro. Le dimensioni interne della parte di sottostazione adibita al nuovo impianto a 18 000 V sono di 57,5×5,55×8,25 m, a due piani. La larghezza delle celle, in cemento armato, è di 1,16 m.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Lo schema è rappresentato in fig. 1. Le sbarre sono ad anello apribile in più punti mediante sezionatori; si può così distribuire su vari tronchi indipendenti l'arrivo dei cavi di alimentazione e le partenze delle linee; in tal modo la potenza di cortocircuito potrà essere notevolmente ridotta.

delle linee partenti; manca però il trasformatore per il comando a distanza e vi è invece in più un riduttore di tensione monofase con interruttore per la messa in parallelo dei gruppi Scott con le sbarre della sottostazione alimentate dalla centrale di Verbois. Quest'ultimo circuito, previsto per 1500 A, permette di accoppiare in parallelo,

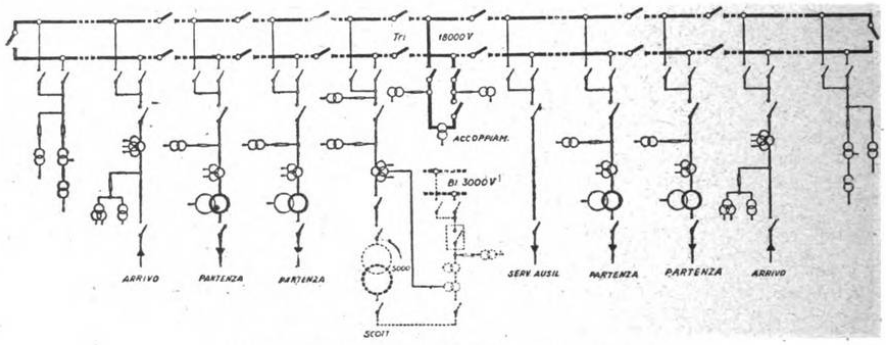


Fig. 1. — Schema della sottostazione « centrale termica ».

A ogni estremità delle sbarre vi è un circuito di alimentazione, con sezionatori, per due trasformatori: uno trifase per la misura della tensione delle sbarre e del punto neutro rispetto alla terra; l'altro monofase per trasmettere la tensione a un posto di regolazione nella centrale di Verbois.

Su ciascuno degli arrivi dei 7 cavi di alimentazione a 18 000 V (250 A normali) sono montati un sezionatore,

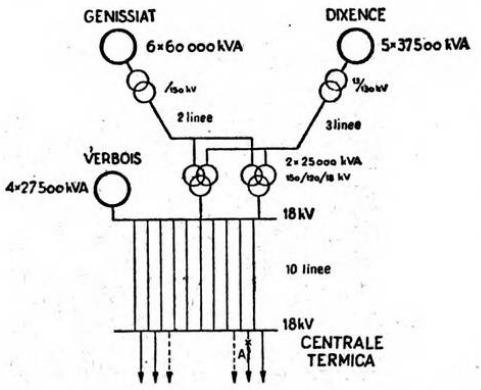


Fig. 2. — Schema dei collegamenti della sottostazione « centrale termica » con la centrale di Verbois.

un interruttore ad alto potere di rottura, 2 sezionatori di derivazione, 3 riduttori di corrente e 2 di tensione trifasi per le misure.

Vi sono 16 partenze di alimentatori delle cabine di trasformazione installate sulla rete primaria; la loro intensità normale è di 250 A; ciascuna linea è munita di 2 sezionatori di derivazione, un interruttore ad alto potere di rottura, un riduttore trifase di tensione, tre riduttori di corrente e un sezionatore; inoltre vi è un trasformatore installato in serie destinato a trasmettere, su ognuna delle partenze dall'anello, correnti a frequenza variabile emesse da una installazione di comando a distanza.

I circuiti provenienti dalla centrale termica sono tre, percorsi da una corrente di 180 A, e collegati ai trasformatori Scott; il loro equipaggiamento è eguale a quello ad esempio, due tronchi di sbarre alimentati rispettivamente dalla centrale di Verbois e dalla centrale termica attraverso i gruppi Scott. Esso comprende due sezionatori di derivazione, un interruttore a forte potere di rottura, 3 riduttori di corrente e due di tensione per la misura e la sincronizzazione.

Per la scelta dell'apparecchiatura ad alta tensione bisognava tenere presente la enorme potenza di cortocircuito che può essere messa in gioco nell'impianto, dato che la centrale di Verbois è a sua volta collegata con le grandi reti svizzere e francesi. L'A. riporta i calcoli di massima relativi che fanno ritenere possibile una potenza di cortocircuito di 660 000 kVA teorici e 500 000 kVA in pratica.

Si sono perciò adottati interruttori ad aria compressa. Tutto il materiale è proporzionato per una tensione di 24 kV.

Le sbarre sono in rame, per corrente normale di 1500 A e devono resistere agli sforzi dovuti alle correnti di cortocircuito, che possono raggiungere 30 000 A. Sono lunghe 55 m e provviste di numerosi giunti di dilatazione e montate su isolatori di tipo speciale.

Gli interruttori delle sbarre hanno contatti di argento

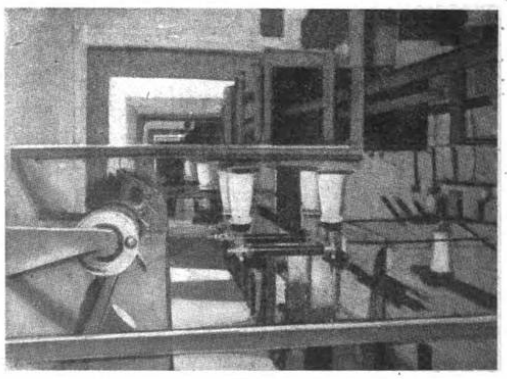


Fig. 3. — Vista della parte superiore della sottostazione. - In primo piano, un trasformatore monofase per la sincronizzazione protetto da microfusibili Gardy.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tipo Gardy, in cui la pressione è mantenuta da piccole molle. I sezionatori di derivazione sono proporzionati per 400 A. Gli interruttori ad aria compressa, per 400 A (salvo quello di accoppiamento che è per 1500 A), hanno un potere di rottura di 500 000 kVA e hanno un blocco che impedisce che i contatti si aprano prima che l'arco

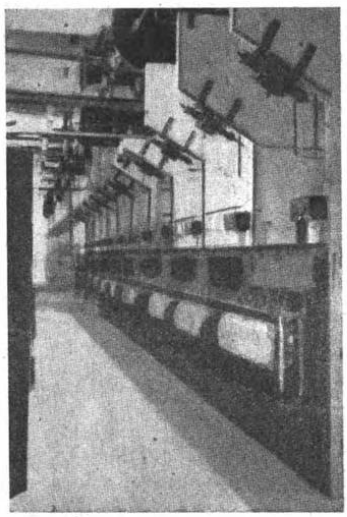


Fig. 4. — Vista della serie degli interruttori pneumatici, dalla parte del quadro di comando.

di rottura si sia estinto nella camera di espansione. La pressione dell'aria di comando può variare fra 12 e 14,5 kg/cm²; un sistema di blocco impedisce il funzionamento se la pressione è inferiore al primo valore. Per impedire che le vibrazioni che si producono nel funzionamento degli interruttori pneumatici si trasmettano al resto dell'impianto, sugli isolatori di traversata posti dopo gli interruttori si sono montati dei giunti elastici.

I riduttori di corrente sono del tipo a passante, con di-

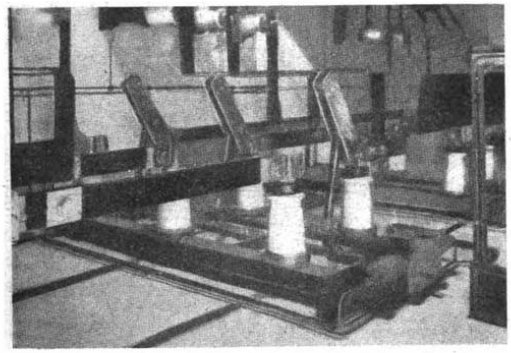


Fig. 5. — Sezionatore di sbarre, 1500 A, con comando pneumatico.

versi avvolgimenti secondari con diverso rapporto e grado di precisione secondo che si tratta di alimentare istrumenti di misura o relè; essi sono di costruzione speciale che riduce molto l'ingombro. I riduttori di tensione sono anch'essi di costruzione speciale; gli avvolgimenti sono montati su cilindri di porcellana; sopportano una tensione di prova di 64 000 V.

La protezione sugli arrivi è affidata a relè selettivi di distanza, relè termici, e relè di terra direzionali; questi ultimi danno soltanto una segnalazione mentre gli altri producono lo scatto in caso di sovraccarico o di cortocircuito. Ogni partenza è protetta con due relè a massima intensità, un relè termico e uno di terra direzionale.

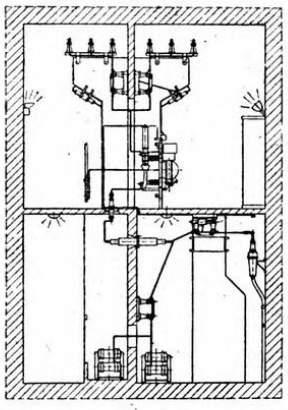


Fig. 6.

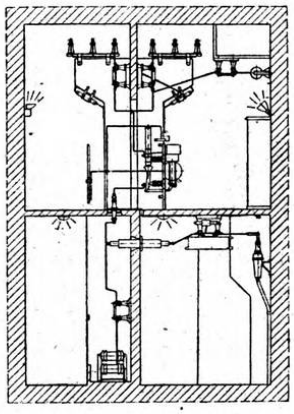


Fig. 7.

Figg. 6 e 7. — Sezioni mostranti la disposizione dell'apparecchiatura di un circuito di arrivo e di un trasformatore Scott.

La protezione dei gruppi Scott è affidata a un relè differenziale, e, sul lato 18 kV, a due relè di massima corrente, un relè termico, un relè di terra non direzionale; e, sul lato bifase a 3000 V, a due relè di massima corrente. Due relè di massima corrente proteggono il circuito di accoppiamento. Le sbarre, in caso di cortocircuito nella sottostazione, vengono staccate in modo rapido da relè di distanza installati nella centrale di Verbois. I riduttori di tensione sono protetti da tagliacircuiti con fusibili calibrati.

Il quadro di comando è disposto in modo che ogni pannello si trovi per quanto possibile in faccia alla cella a cui corrisponde. Ogni pannello porta uno schema in rilievo del circuito che deve comandare e nel quale sono inseriti dei commutatori manovrando i quali si lancia una corrente continua a 115 V sulle bobine delle valvole elettropneumatiche per l'ammissione dell'aria compressa per la manovra degli interruttori e dei sezionatori. Nei commutatori stessi dello schema sono inserite lampade di segnalazione che si accendono qualora la posizione di essi

Biblioteca nazionale centrale di Roma

non risponda alla realtà, come sarebbe il caso quando avvenga lo scatto automatico di un interruttore. Sui pannelli sono pure raggruppati gli strumenti di misura. Vi è anche un pannello per la misura a distanza della potenza fornita dalla centrale di Verbois e da un'altra sorgente di energia esistente nella città, come pure dell'energia assorbita dalla rete della Azienda Municipale di Ginevra.

Per la produzione dell'aria compressa sono installati due gruppi compressori verticali a due stadi, da 6 kW ciascuno (di cui uno di riserva), che possono produrre 18 m^3/h di aria compressa a 25 kg/m^2; dell'impianto fanno parte anche 5 serbatoi da 0,5 m^3 di cui 3 muniti di riduttori di pressione da 25 a 14 kg/cm^2, e una rete di distribuzione in tubi di alluminio comprendente una derivazione con valvole di arresto per ogni cella. Il funzionamento è automatico: uno dei gruppi si avvia quando la pressione scende sotto 12 kg/cm^2 nei serbatoi; un segnale ottico e acustico entra in funzione appena la pressione minima non è più raggiunta nei serbatoi o nella rete di distribuzione.

Una batteria di accumulatori al piombo da 270 Ah fornisce la tensione continua per le segnalazioni e i comandi elettropneumatici, come pure l'energia per i servizi ausiliari dell'impianto bifase a 3000 V. Un'altra batteria da 288 Ah alimenta, a 220 V, i circuiti di illuminazione di soccorso.

L'illuminazione normale è effettuata con lampade a incandescenza alimentate a corrente alternata e assorbe circa 8 kW. In caso di guasto, un relè commuta automaticamente sulla batteria tutte le lampade inserite su una delle fasi ottenendo una illuminazione sufficiente; si è così eliminata la spesa della installazione di un circuito apposito per l'illuminazione di soccorso.

Il riscaldamento è ottenuto mediante 22 radiatori da 2500 W, 220 V, disposti sotto le finestre. *Ri.*

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

C. E. I.

Per la ripresa dell'attività del C. E. I.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerche ricostituito in base al D. L. 1° marzo 1945, n. 82, intende di continuare a valersi dell'opera del C.E.I. per la normalizzazione nel Settore dell'elettrotecnica e con recente provvedimento ha nominato il Prof. Angelo Barbagelata, che dal 1918 ricopriva la carica di segretario generale del C.E.I., « curatore del Comitato elettrotecnico italiano, con l'incarico di assicurarne il funzionamento fino a che non sia possibile ricostituire gli organi direttivi normali ».

Distribuzione di nuovi fascicoli Norme

Sono oggi pronte le seguenti Norme:

fascicoli:

58 Segni Grafici per telecomunicazioni; 59 Segni grafici per trazione.

supplementi:

S 13 Turbine idrauliche; S 14 Interruttori c. a.; S 15 Scaricatori; S 16 Ebanite; S 17 Materiali ceramici; S 18 Mica e Micaniti; S 19 Impianti all'aperto.

In seguito alla deliberazione presa dall'Assemblea generale dei Soci dell'A.E.I. il 5 corrente, le Norme non potranno più come in passato essere distribuite tutte gratuitamente a tutti i Soci.

Sino alla fine del corrente anno i fascicoli 58 e 59 verranno ceduti ai Soci al prezzo di L. 9,— cadauno. Parimenti sino alla fine del 1945 i Supplementi dall'S 13 all'S 19 compresi, verranno ceduti gratuitamente a chi si rechi in Via S. Paolo 10, Milano, a ritirarli, oppure contro rimborso di L. 3,— per fascicolo a copertura delle spese di imballo, postali e di segreteria.

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI BOLOGNA

Verbale della Seduta del 19 giugno 1945 del Consiglio Direttivo.

Il Presidente Prof. Gori apre la seduta alle ore 17 precise nella Sala dei Professori dell'Istituto Matematico della R. Università.

Ceduta la parola all'Ing. Righi, su proposta del medesimo, il Consiglio approva all'unanimità il ritorno al vecchio Statuto dell'Associazione.

L'Ing. Righi fa poi rilevare che una Riunione annuale nel prossimo autunno potrebbe riuscire affrettata. Si ritiene infatti che per quell'epoca le comunicazioni non possano riprendere in modo tale da permettere ai Soci di tutta l'Italia di intervenire ad una riunione che, secondo la Presidenza Generale, dovrebbe tenersi a Milano, località certamente non favorevole ai Soci delle Sezioni meridionali.

Il Consiglio Direttivo, esaminate le varie proposte dell'U. C. decide di mantenere la quota vecchia per l'anno 1944 e di applicare l'aumento del 100 % a partire dal 1° gennaio 1945.

Passando poi ad esaminare le pratiche relative al Premio Calzoni, il Consiglio, tenuto conto che, in causa dello stato di guerra, non è stato possibile riunire concorrenti, decide di capitalizzare gli interessi costituenti il premio stesso, e rinvia l'aggiudicazione di una somma pari a L. 30.000,— al concorso del 1947.

Si passa quindi ad esaminare le domande di ammissione di nuovi Soci che vengono tutte accettate.

All'unanimità il Consiglio sollecita l'invio di una lettera ai Soci israeliti per invitarli a tornare in seno all'A.E.I.

Vengono quindi esaminate ed accettate le dimissioni del Segretario della Sezione, Sig. Veronesi, presentate per motivi di salute. Il Consiglio, su proposta degli Ingg. Righi e Basile e quale segno di riconoscimento per l'opera svolta durante 14 anni dal Veronesi, approva che gli sia offerto un dono per un valore di L. 5.000,—.

Da ultimo, su proposta del Vice Presidente, si procede alla nomina provvisoria del Segretario della Sezione nella persona dell'Ing. Bruno Poggi.

Esaurito l'ordine del giorno, il Presidente toglie la Seduta alle ore 18,30.

* *

SEZIONE DI CATANIA

È pervenuta alla fine del mese di luglio 1945 all'Ufficio Centrale dell'A.E.I. la seguente lettera della Sezione di Catania:

Spett. Ufficio Centrale dell'A.E.I. - Milano.

Questa Sezione dell'A.E.I. è stata lieta di ricevere, dopo anni di forzato silenzio, la vostra comunicazione e spera ora di riprendere l'attività interrotta a causa della guerra.

La Sezione è sempre ospitata nell'Istituto di Fisica della R. Università di Catania (Palazzo delle Scienze, Corso Italia 21), che per parecchio tempo è stato occupato dai militari alleati; ora però il locale è stato sgombrato ed il materiale e la biblioteca della Sezione, che non è andato disperso, si è potuto riordinare.

L'attività della Sezione è stata quasi nulla, in un primo tempo perchè i Soci erano tutti sfollati, dopo per i disagi del dopoguerra.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Quest'anno si è tenuta una conferenza e si è proceduto alla esazione della quota sociale per l'anno 1943, ma con scarso risultato, giacchè dei 50 e più soci iscritti, solo 27 (!) hanno risposto. Per gli anni 1944 e 1945 ancora non si è esatto nulla.

... omissis...

Il Consiglio Direttivo ha riconosciuto l'opportunità di indire le elezioni per la nomina delle cariche sociali della Sezione e chiede in proposito il parere di codesto U. C. prima di procedere alle dette elezioni.

Vi diamo l'elenco dei Soci sinora in regola per il 1943.

Sarà nostra cura comunicarVi tempestivamente eventuali ulteriori adesioni.

Con distinti saluti.

Catania, li .....

Il Presidente
f.° : C. BELLIA

* *

SEZIONE DI MILANO

Il giorno 12 aprile 1945, nel salone sociale di via S. Paolo 10, il socio dott. ing. Franco Cambi, cordialmente presentato agli astanti dal prof. Ercole Bottani, ha tenuto l'annunciata comunicazione sul tema: « I trattamenti delle acque e l'elettrotecnica ».

Al termine della chiara esposizione (che verrà riportata su queste pagine) il prof. Bottani si dice certo di interpretare il pensiero di tutti i presenti nel ringraziare l'oratore per le interessanti notizie fornite; si duole che le circostanze attuali abbiano impedito l'intervento di un pubblico numeroso, quale l'interesse dell'argomento e la competenza del conferenziere avrebbero meritato. Si complimenta poi col conferenziere per l'abbondante materiale raccolto e per la forma brillante della esposizione, mentre esprime la speranza che in una seconda comunicazione l'ing. Cambi vorrà trattare anche quelle parti che oggi, per la ristrettezza del tempo, ha dovuto saltare. Invita i presenti a domandare la parola per avere eventuali schiarimenti dal conferenziere. L'ing. Terzi chiede la parola per sapere se i depuratori descritti sono adatti per preparare l'acqua distillata per gli accumulatori; l'ing. Cambi gli risponde che ciò è senz'altro possibile e che nell'acqua ottenuta rimane (ad eccezione della silice) solo un residuo dell'ordine di 10 mmg per litro. Il prof. Bottani conferma la cosa per propria esperienza, ricordando che alla Istituzione Carlo Erba per la manutenzione della batteria di accumulatori esiste uno di tali apparecchi, ora fuori servizio per la mancanza dei setti porosi. Il socio Mariotti desidera conoscere la portata di tali apparecchi e se essi vengono costruiti in Italia. Il conferenziere fa presente che teoricamente la portata potrebbe essere illimitata, in pratica si sta intorno a 1 m^3 h; per quanto riguarda i distillatori per centrali termiche si arriva pure intorno ai 1000 l/h. Il funzionamento è continuo e non richiede sorveglianza alcuna. Ricorda inoltre che mentre in origine gli impianti del genere venivano importati dall'estero, ora se ne costruiscono di ottimi anche in Italia. Esprime infine l'opinione che per caldaie a grandi volumi d'acqua tali impianti non sono però indicati; bisogna ricorrere ai depuratori a scambio di basi. Comunque un miglioramento nell'esercizio delle grandi caldaie andrebbe raggiunto curando sempre più i ricuperi.

Terzi chiede ancora se gli elettrodistillatori sono adatti per la preparazione di acqua bidistillata per farmacie e l'ing. Cambi gli risponde che essi sono appunto regolarmente autorizzati per tale scopo dalla Farmacopea italiana.

Infine l'ing. Castelli esprime il desiderio che il conferenziere venga nuovamente ad intrattenere l'uditorio dell'AEI sul tema specifico dei trattamenti delle acque per caldaie. I presenti si associano a tale voto e in particolare il prof. Bottani che, anche a nome del Presidente, ringrazia nuovamente il conferenziere della sua interessante comunicazione. La seduta è quindi tolta tra gli applausi dei presenti.

Per il cambio di indirizzo inviare **L. 16,—** unitamente alla fascetta vecchia

* *

SEZIONE DI ROMA

Verbale della Seduta del Consiglio Direttivo tenuta il 13 marzo 1945.

Il Consiglio è stato convocato per le ore 15,30 del 13 marzo, presso la Facoltà di Ingegneria - Istituto di Elettrotecnica - Via delle Sette Sale, 12, per discutere il seguente

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Comunicazioni della Presidenza.
2. - Sistemazione della Sede e della Biblioteca.
3. - Eventuali e varie.

Il *Presidente* Rebecchini apre la seduta alle ore 15,45. Sono presenti: Bordoni, Chiodelli, Del Buono, Focaccia, Grillo Eugenia (Bibliotecaria), Mazzolani (Cassiere), Neri, Parvopassu, Puccinelli (Segretario), Puccioni, Riccioni, Rovelli, Urbinati.

Silva, per mezzo di Neri, fa sapere di essere dolente, e di scusarlo, che altri impegni non gli abbiano consentito di intervenire.

In relazione al primo punto dell'o.d.g., il Presidente comunica che, in base a quanto fu deciso nell'ultima riunione del Consiglio (tenuta il 22 luglio 1944) è stato completato il trasporto di quanto di pertinenza della Sezione e della Biblioteca, dalla Sede di Via Toscana (requisita) al locale gentilmente messo a disposizione dalla Scuola di Ingegneria, presso la Scuola medesima.

Il trasloco è stato effettuato in modo pienamente soddisfacente e la spesa relativa, grazie alle trattative svolte personalmente dal Presidente, si è potuta contenere in circa 18 000 lire. Cifra che peraltro è assai maggiore delle disponibilità della Sezione. Il Presidente fa rilevare come pertanto sia assolutamente necessario ed urgente provvedere con mezzi straordinari a risolvere le finanze della Sezione rese esauste dalle vicende di questi anni e da due forzati traslochi. Ritiene che, fra tali mezzi, il più idoneo sia quello di fare appello ai Soci Collettivi, o ai simpatizzanti, più affezionati all'A.E.I., affinchè intervengano con un contributo, una volta tanto, e che potrebbe aggirarsi sulle 5 000 lire.

Il Presidente conclude proponendo di scrivere in tal senso a vari Enti.

Il Consiglio approva e dà mandato al Presidente stesso di scrivere tali lettere. Alcuni Consiglieri si offrono di interporre i loro buoni uffici presso i vari Enti per il buon esito della cosa.

In merito al secondo punto dell'ordine del giorno il Presidente comunica che dall'ing. Cortini gli è stato proposto di esaminare se fosse stato possibile e conveniente sistemare la Sede sociale presso l'Enios (in Via Nazionale 89) che sembrava avesse esuberanza di locali.

Il Presidente esaminò la cosa, ma ebbe a constatare che i locali sarebbero stati insufficienti, trattandosi di una sola stanza, di media grandezza, esclusiva per la Sezione, mentre la Segreteria avrebbe dovuto risiedere in un'altra stanza in comune con altri Enti.

Egli ritiene quindi, e propone, che per il momento sia conveniente continuare ad usufruire della gratuita ospitalità della Scuola di Ingegneria per quanto riguarda il materiale della Biblioteca, e per la Segreteria seguitare a far capo alla Sig.na Bartolani presso l'A.N.I.A.I. e l'Ordine degli Ingegneri in Via delle Terme, 90.

Del Buono osserva che tale soluzione, mentre da un lato consente di non fare per il momento alcuna spesa, permette di attendere che i due sopraddetti Enti si sistemino in locali più ampi (come stanno cercando di fare) e tali da poterne cedere parte alla nostra Sezione. Aggiunge che se il Consiglio è d'accordo egli perorerà la cosa in seno ai due Enti stessi.

Il Consiglio approva all'unanimità la proposta del Presidente dando mandato al Presidente stesso di far rimontare, per ora, gli scaffali della Biblioteca nei locali della Scuola di Ingegneria.

Circa il terzo punto dell'Ordine del giorno il Presidente dà lettura della lettera del prof. Colonnetti, Presidente del

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Consiglio Nazionale delle Ricerche in data 28 febbraio 1945 con la quale offre di pubblicare nella Rivista di imminente pubblicazione « Ricerca scientifica e ricostruzione », eventuali studi e lavori di nostri Soci. Il Consiglio dà incarico al Presidente di ringraziare il prof. Colonnetti per tale cortese offerta e di dare notizia ai Soci della possibilità di tale collaborazione.

Su proposta del Presidente, alla quale si associano concordemente tutti gli intervenuti, viene deliberato che la ripresa dell'attività culturale della Sezione si effettuerà con un ciclo di conferenze, che saranno tenute in Roma da autorevoli Colleghi, allo scopo di illustrare all'ambiente tecnico romano sia le devastate condizioni degli impianti elettrici in generale quali vennero a risultare dopo la liberazione, sia l'opera compiuta e tuttora da compiersi per la ricostruzione, opera ecc. che, dai diversi Enti è stata intrapresa con la massima energia compatibilmente con le circostanze attuali e le ingenti difficoltà di approvvigionamento dei materiali e di trasporti, ma che ha già dato risultati altamente ampi nell'interesse dei pubblici servizi. Le singole conferenze avranno per soggetto i diversi settori delle applicazioni elettriche industriali e cioè: distribuzione d'energia, impianti di sezioni, comunicazioni telegrafiche, telefoni e radio.

Dopo di che, esaurito l'Ordine del giorno, viene tolta la seduta.

NECROLOGIO

Il 14 luglio 1944 decedeva in Napoli il

Dr. Ing. GIOVANNI MELAZZO

Professore ordinario di elettrotecnica e Direttore del Laboratorio di elettrotecnica e di misure elettriche della Facoltà di Ingegneria della R. Università di Napoli.

Da antica famiglia siciliana (i baroni di San Giorgio) Giovanni Melazzo nacque in Palermo il 15 gennaio 1875, ma percorse gli studi superiori e svolse tutta la sua attività didattica in Napoli, prima come assistente ed aiuto del Prof. Luigi Lombardi nella Scuola di Ingegneria, poi come Professore di misure elettriche e indi titolare di elettrotecnica.

Dal 1908 al 1922 egli insegnò elettrotecnica anche nella R. Scuola Industriale Alessandro Volta in Napoli.

Il Prof. Melazzo oltre alla sua intensa ed efficacissima opera di insegnante (le sue lezioni, riprodotte in litografia, sono un modello di semplicità e di chiarezza) sviluppò in Napoli e nel Mezzogiorno d'Italia grande attività come consulente, collaudatore, arbitro ecc. di Società Industriali e di numerosi Enti pubblici. Si dedicò inoltre con amore e con impareggiabile abilità sperimentale, allo studio di interessanti problemi riguardanti l'elettrotecnica. Di grande importanza furono le sue ricerche sulla azione simultanea di correnti continue e di correnti alternate sulla magnetizzazione del ferro; tali ricerche furono il punto di partenza dello studio che condusse il Prof. Giancarlo Vallauri a realizzare i noti raddoppiatori di frequenza. Altri studi, per citare solo i principali, riguardano l'ideazione e l'impiego di wattometri e di elettrodinamometri balistici, l'ideazione di riduttori di frequenza e di convertitori di correnti alternate in correnti continue mediante commutatori con spazzole fisse, e quelli su mutatori rimasti incompleti in causa della guerra.

Tutti coloro che ebbero dimestichezza con il Prof. Melazzo ed ebbero la fortuna di conoscerlo come maestro, come collega e come amico ne ammirarono le impareggiabili doti di insegnante, di tecnico e di uomo, doti che non si possono meglio esprimere che con le parole indirizzategli dal Prof. Luigi Lombardi quando, dopo venti anni di comune lavoro, gli affidò la direzione del laboratorio che il Lombardi con tanto amore aveva fondato nel Politecnico di Napoli:

« *Nel congedarmi dal Prof Melazzo mi è grato attestargli l'alta considerazione che gli è dovuta oltre che per la competenza tecnica, per le sue qualità morali e segnatamente per la squisitezza del suo tatto e il carattere pieno di abnegazione unito alla osservanza più scrupolosa dei propri doveri...* ».

Alla desolata vedova, alla sorella inconsolabile vadano le condoglianze della nostra Associazione alla quale Giovanni Melazzo appartenne per un quarantennio e alla quale pur diede la sua opera come socio, come consigliere e come Presidente della Sezione napoletana.

*

EMILIO CASTELLI

Lasciò la vita, tra le macerie della sua casa, nell'incursione aerea su Savona la notte del 23 ottobre 1943.

Era presidente e direttore della Cooperativa Operai Elettricisti di Savona, azienda che egli dirigeva dal 1925. Giovanissimo aveva manifestato inclinazione e predilezione per le discipline tecniche e dalla sua città natale, Venezia, era venuto nella nostra Liguria, occupandosi nella Soc. Negri, trasformatasi successivamente in « Cieli ». Elemento di primo piano, per coltura, tatto e intelligenza, rappresentò i lavoratori delle aziende elettriche, e come tale nel 1920 conseguì il primo contratto per tale categoria. Nel 1922 fu direttore della filiale di Savona della Cooperativa Elettricisti di Genova. Nel 1924 fu nominato direttore della sede di Genova. Ritornato a Savona promosse la costituzione della Cooperativa Elettricisti di Savona assumendone la direzione. Sotto l'impulso del Castelli l'azienda ebbe rapido e crescente sviluppo. Conosciuto ed apprezzato per la sua competenza elettrica gli furono affidati molti impianti e di notevole importanza. Gli impianti elettrici dei nuovi edifici pubblici della Provincia di Savona, durante l'ultimo ventennio, furono nella quasi totalità da lui studiati e dall'azienda da lui diretta eseguiti.

Lasciò compianto generale, non solo tra i suoi collaboratori e dipendenti, ma tra i molti amici che lo ricordano nella sua fermezza di carattere e grande bontà.

ERRATA CORRIGE

Nell'articolo: GIOVANNI RUTELLI: *Contributo alla teoria ed alla calcolazione degli ohmmetri*, pubblicato nel N. 5, sono incorsi alcuni errori di composizione che rettifichiamo:

Pag.	116:	Nota a piè di pagina (2), leggasi: G. Rutelli: « A. F. », XIII, N. 3, pag. 169.
»	116:	rigo 7° del paragrafo 2, leggasi: fig. 6.
»	117:	formola 19, leggasi: formola 18'.
»	»	» 20, » » 21.
»	»	» 21, abolire il numero.
»	»	5° capoverso, leggasi: Notiamo che le espressioni [21] e [13]...
»	120:	formola 57, leggasi: formola 56.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 53 D
Applicazioni agricole – Applicazioni termiche – Condutture – Illuminazione e fotometria – Impianti – Misure – Telefonia, telegrafia e televisione – Trasmissione e distribuzione – Trazione e propulsione.

Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 60 D
Essiccatori a unico nastro trasportatore per materiali molto umidi – Applicazione della termocompressione agli impianti di essiccazione dell'erba.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPLICAZIONI AGRICOLE.

La essiccazione per via elettrica dell'erba nei riguardi della agricoltura dell'industria elettrica e dell'industria. (E. Wirtschaft, ottobre-dicembre 1944, pag. 300 a 305, con 9 fig.). 4

La essiccazione dell'erba per via elettrica non sarebbe, secondo alcuni, un sostituto del fieno, ma un nuovo procedimento di conservazione. L'erba essiccata con tale processo avrebbe un maggior contenuto di idrati di carbonio e di albumine e il bestiame nutrito con essa ne trarrebbe vantaggi con produzione di latte più grasso ecc. Nella estate 1944 vi erano nella Svizzera in funzione 43 impianti di essiccazione elettrica dell'erba per una potenza installata di 29 400 kW, sovvenzionati; oltre a parecchi impianti privati per una ulteriore potenza di oltre 2 000 kW. La potenza unitaria degli impianti sovvenzionati era di 300; 650; 1100; 1200 kW, mentre quella degli impianti privati variava fra 10 e 50 kW. La utilizzazione annua media è stata, nel 1933, di 850 ore con un consumo complessivo di 25 milioni di kWh. L'A. espone considerazioni circa la importanza economica di questa applicazione dell'elettricità nei confronti delle Società elettriche, arrivando alla conclusione che esse non vi hanno un grande interesse; la cosa ha invece interesse per l'agricoltura. La utilizzazione si concentra in pochi mesi estivi. Il consumo di energia, misurato in un impianto da 500 kW su un periodo di 3 settimane, è risultato di 0,96 kW per ogni kg di acqua evaporata; in un altro impianto da 860 kW si ebbe nel 1942 un consumo di 1,5 milioni di kWh per 1347 tonnellate di erba verde e 268 tonnellate di erba essiccata, con un consumo quindi di 78,2 kWh per 100 kg di erba fresca e di 393,5 kWh per ogni 100 kg di erba essiccata. Nel gruppo di impianti serviti dalla Bernische Kraftwerke AG, che comprende 9 impianti da 300 a 350 kW e 6 da 650 a 1200 kW vennero consumati, nel 1943, complessivamente 7,5 milioni di kWh con una potenza impegnata di 7560 kW per produrre 2 000 tonnellate di erba essiccata. Altri numerosi dati statistici tendono a dimostrare che il consumo medio deve ritenersi poco diverso da un kWh per ogni kg di acqua evaporata; il consumo riferito alla quantità di erba dipende naturalmente dalla percentuale del contenuto d'acqua. L'A. calcola che per essiccare l'erba necessaria per mantenere una mucca durante l'inverno (650 a 700 kg di erba secca) occorrono in media circa 2100 kWh. Un impianto di essiccazione da 850 kW, che sarebbe capace di produrre il fieno bastante per 700 capi di bestiame, richiederebbe circa 1,5 milioni di kWh all'anno. Per diminuire il consumo di calore e quindi di energia elettrica si può ricorrere a sistemi a circolazione forzata d'aria e ricupero di calore. Per non rovinare il prodotto la temperatura massima non può superare 115 °C; essa viene regolata automaticamente col sistema di inserzione e disinserzione; l'essiccazione avviene in 3 camere sovrapposte; in una di esse avviene la preessiccazione mediante aria riscaldata da quella calda proveniente dalla camera principale mediana di essiccazione; questa è alimentata con aria nuova dal riscaldatore elettrico; una parte dell'aria calda ottenuta nello scambiatore di ricupero di cui sopra, passa nella terza camera dove si finisce la essiccazione. Con un essiccatore di tale tipo da 250 kW si è ottenuta una produzione di 350 kg di erba fresca all'ora (65 kg di erba secca); con unità da 1000 kW la produzione è stata di 1380 kg/ora di erba fresca (260 di erba secca). L'A. illustra poi un impianto speciale combinato con una caldaia elettrica e accenna ad essiccatoi a tamburo, mentre la maggior parte degli essiccatori in uso son del tipo a nastro mobile. Per piccole fattorie si sono costruiti essiccatori da 10 kW da inserire direttamente sulle reti a 380 V, che possono servire anche per essiccazione di legumi, frutta ecc.; il consumo risulta di circa un kWh per ogni kg di materiale fresco. Vengono esposte alcune considerazioni di ordine economico. *Ri.*

M. Zipfel — **Essiccazione di frutta e verdure con riscaldamento elettrico in campagna.** (E. Wirtschaft, 5 giugno 1944, pag. 168 a 170, con 2 fig.). 4

I primi essiccatoi per verdura e frutta erano costruiti in legno ma poi tale materiale fu vietato per pericolo di incendio; durante la guerra, scarseggiando le lamiere, si costruirono in muratura e cemento; l'isolamento termico riesce assai buono e le perdite di calore piccolissime date anche le basse temperature in gioco. Per piccole quantità si può utilizzare un forno da pane elettrico che può essere installato nella fattoria stessa; i prodotti da essiccare vengono posti entro il forno su graticci metallici; la porta del forno durante l'essiccazione non deve essere completamente chiusa, per lasciare uscire il vapor d'acqua che si svolge. Il consumo di energia varia secondo il prodotto da essiccare; si possono ritenere i seguenti valori di orientamento: fette di mele o fave sbucciate 1,0 a 1,2 kWh/kg; pere smezzate 1,4 a 1.6 kWh/kg; se il materiale viene poggiato direttamente sulla suola del forno il consumo riesce un poco minore. È da osservare che per il forte sviluppo di vapore, con facilità si produce l'arrugginimento delle parti in ferro del forno che vanno quindi periodicamente pulite e sorvegliate. Per produzioni maggiori si ricorre a camere di essiccamento. Quelle costruite in mattoni e cemento hanno dimensioni interne di circa 200×100×200 cm, con 9 strati di graticci sovrapposti; vi sono complessivamente 36 graticci con una superficie totale di 18 m² su cui si possono caricare circa 300 kg di prodotti agricoli. Il riscaldamento è effettuato dalla suola con una potenza massima di 8 kW mediante 4 resistori a sbarra; un ventilatore installato sopra la camera, fuori di essa, provvede al movimento dell'aria, assorbendo 0,18 kW. Il riscaldamento non è regolabile ma si provvede a spostare durante l'essiccamento la posizione relativa dei graticci. Con una temperatura media di 80 °C occorrono 18 ore per essiccare le mele e 22 ore per essiccare le pere. In queste camere di essiccazione sono stati essiccati in servizio ininterrotto 15 000 kg di mele con un consumo di 9 000 kWh, ciò che corrisponde a 0,6 kWh/kg. Un terzo tipo di impianto è quello per utilizzare, nelle centrali elettriche, l'aria calda che esce dai generatori. È fatto cenno di due di tali impianti. In una centrale l'aria esce fra 30 e 40 °C, con una temperatura ambiente di 15 a 25 °C. L'aria calda viene immessa in una camera in cui sono disposti i graticci. I tempi di essiccazione sono piuttosto lunghi richiedendosi 3 giorni per le mele, 5 a 7 giorni per le pere e da 2 a 3 giorni per le fave. Sono state essiccate con questo sistema alcune tonnellate di verdura e frutta. Per ottenere buoni risultati, qualunque metodo si adoperi, bisogna osservare alcune precauzioni. Bisogna scegliere prodotti ma-

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

turi ma non troppo. La temperatura per l'essiccazione delle mele e delle pere deve essere fra 60 e 75 °C, mentre per le fave non bisogna superare 60 °C. I tempi necessari sono di 10 a 20 ore per le mele ed a 20 a 30 ore per le pere; per le fave bastano da 8 a 15 ore; si possono abbreviare i tempi elevando la temperatura ma si arrischia di rovinare il prodotto; allungando troppo i tempi può intervenire una fermentazione dei prodotti che risultano anche meno conservabili. *Ri.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

H. Spiess — **Economia dell'energia e evaporazione.** (E. Wirtschaft, 5 luglio 1944, pag. 195 a 198, con 3 fig.). **5 f**

Nelle industrie che esigono molto calore per operazioni di evaporazione, concentrazione, cottura ecc. si pone la domanda del modo migliore per sopperire a tale fabbisogno. L'A. si propone di svolgere un confronto numerico fra le varie soluzioni possibili per metterne in evidenza le caratteristiche in relazioni alle varie condizioni che possono presentarsi nei riguardi delle disponibilità di combustibile o di energia elettrica. Come ipotesi fondamentali sono assunte le seguenti: la condensazione di un kg di vapore produce la evaporazione di un kg di acqua dalla soluzione; la caduta termica nella condensazione del vapore sia di 25 °C; sia disponibile energia elettrica per il comando eventuale di una termopompa. Il primo sistema esaminato è quello della evaporazione con riscaldamento diretto a vapore, a una atmosfera; a 125 °C corrisponde una pressione di 2,37 atmosfere; con un rendimento complessivo (combustibile-vapore) di 0,8 si arriva facilmente a calcolare un consumo di 650 calorie per kg di vapore per un semplice effetto; per un quadruplice effetto si arriverebbe a circa 260 calorie/kg. Il secondo sistema preso in considerazione è quello di una centrale termoelettrica a condensazione con turbina alimentata a 75 atmosfere e 450 °C e 0,07 atmosfere al condensatore; con rendimento 0,8 delle caldaie la produzione del vapore richiede 960 calorie/kg; con rendimento 0,79 della turbina si otterrebbe 0,273 kWh/kg e un consumo di calore per ogni kWh prodotto di 3500 calorie. Per portare il vapore di una atmosfera ad avere un salto di 25 °C nella condensazione occorrono teoricamente 37 calorie/kg; con un rendimento 0,7 ai morsetti del motore ciò corrisponde a 0,061 kWh ogni kg di acqua; con riferimento alla produzione di energia elettrica in una centrale termoelettrica come sopra, si arriva ad un consumo di calore di 200 calorie/kg di acqua evaporata dalla soluzione. Naturalmente se l'energia elettrica viene prodotta in tutto o in parte con impianti idroelettrici, il consumo di combustibile varia da zero a 200 cal/kg; se per esempio, la produzione di energia termica fosse ristretta a 4 mesi nell'anno, il consumo medio risulterebbe di 66,5 cal/kg. Un'altra soluzione è quella di una centrale a contropressione combinata con evaporazione a semplice effetto. L'A. considera una centrale termoelettrica nelle stesse condizioni iniziali precedenti ma funzionante alla contropressione di 2·73 atmosfere; svolgendo il conto nella ipotesi di rendimento 0,80 per le caldaie e 0,79 per la turbina, l'A. arriva a un consumo di 280 cal/kg di acqua evaporata con semplice effetto e una atmosfera iniziale. Combinando la centrale a contropressione con l'impiego di una termopompa che utilizzi l'energia prodotta dalla centrale stessa, si ottengono i seguenti risultati; accoppiamento della centrale a contropressione con termopompa, semplice effetto, pressione iniziale di evaporazione una atmosfera, 218 cal/kg; centrale a contropressione, con termopompa, semplice effetto, pressione iniziale 0,07 atmosfere, 184 cal/kg; centrale a contropressione con termopompa, triplice effetto, 160 cal/kg. Se poi si accoppia la centrale a contropressione con un semplice effetto e pressione iniziale di evaporazione di 0,07 atmosfere, si scende col consumo a 110 calorie per kg. I fattori che più influenzano i risultati sono la pressione iniziale di evaporazione, la caduta di temperatura necessaria. La scelta della soluzione più conveniente dal punto di vista economico va fatta caso per caso dopo un esame molto accurato di tutte le circostanze. *Ri.*

CONDUTTURE.

F. Obenaus — **L'isolatore a lunga asta resistente all'insudiciamento.** (E. Wirtschaft, ottobre-dicembre 1944, pag. 294 a 297, con 8 fig.). **9 e**

L'isolatore cosiddetto a lunga asta (Langstab-Isolator) è costituito da un lungo corpo di porcellana portante numerose alette ed è destinato a sostituire le catene di isolatori formate da più pezzi congiunti con elementi metallici. Esso presenta parecchi vantaggi di ordine elettrico in quanto lungo il tratto di isolamento si trova soltanto materiale dielettrico, con completa esclusione di materiali metallici; tali isolatori possono, perciò, essere equipaggiati con schermi di protezione molto più piccoli; il pericolo della formazione di archi superficiali è molto più ridotto che negli isolatori a sospensione di tipo comune nei quali l'arco può adescarsi in cascata da una armatura metallica all'altra. Anche dal punto di vista meccanico l'isolatore a lunga sbarra presenta diversi vantaggi. L'A. ricorda poi ancora la più facile lavorazione, il risparmio di materiale metallico (che nei confronti di una catena per 110 kV ammonta a circa 10 kg) ecc. Negli ultimi anni sono stati installati in Germania molte migliaia di questi isolatori. Gli isolatori a lunga sbarra si comportavano però meno bene di quelli ordinari a sospensione nelle località soggette a nebbie o a atmosfere atte ad insudiciare la superficie degli isolatori stessi. Si pensò quindi di modificare il tipo per renderlo atto all'impiego anche in dette località. Si tennero presenti i seguenti requisiti: il nuovo isolatore non doveva avere lunghezza superiore ai tipi comuni; non doveva avere diametro sensibilmente maggiore per non rendere difficile la lavorazione a macchina; la tensione di scarica in condizioni di nebbia o di insudiciamento superficiale doveva essere eguale a quella di una catena di isolatori a sospensione speciali per tali condizioni, a parità di tensione di esercizio. L'A. illustra le direttive seguite nello studio sperimentale in laboratorio di questo nuovo tipo di isolatore. Particolarmente interessanti sono le curve che indicano la relazione fra la tensione di scarica e il così detto rapporto di diaframma (cioè il rapporto fra la distanza di due nervature susseguentisi e il diametro di esse). Le curve dimostrano che vi è per tale rapporto un valore optimum nei riguardi delle tensioni di scarica sotto nebbia e un altro valore (diverso) optimum per la tensione di scarica sotto pioggia. Fortunatamente, sebbene i due massimi siano diversi, le curve non hanno un andamento molto ripido cosicchè è possibile assumere per detto rapporto un valore intermedio che riesce soddisfacente sia per le condizioni di pioggia come per quelle di nebbia o insudiciamento; tale rapporto nel caso specifico fu assunto eguale a 0,7. L'A. riporta molte curve sperimentali per dimostrare che il nuovo tipo di isolatore si comporta non meno bene degli isolatori a catena speciali nei riguardi della nebbia, dell'insudiciamento e anche della pioggia. Naturalmente il giudizio definitivo dovrà essere rimesso ai risultati di esercizio sugli isolatori in opera sulle linee ad alta tensione. *Ri.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

La lampada elettrica come fondamento dell'industria elettrica. (E. Wirtschaft, 5 luglio 1944, pag. 224 a 233). **19 d**

Nell'articolo vengono riassunte le notizie circa i primi sviluppi della illuminazine elettrica con particolare riguardo alla Germania. Quando W. Siemens costruiva la prima dinamo a autoeccitazione l'arco elettrico per illuminazione era già noto e abbastanza largamente diffuso. Nel 1876 si diffusero le candele Jablochkoff che furono adottate per la illuminazione della Piazza dell'Opera a Parigi. Più razionale apparve il sistema Hefner-Alteneck apparso nel 1879 e usato dapprima per la illuminazione di stazioni ferroviarie a Monaco e a Berlino. Le lampade ad arco non potevano però soddisfare al compito di diffondere un uso veramente popolare e generale della illuminazione elettrica, compito che doveva essere riservato alla lampada a incandescenza. L'A. ricorda come un meccanico tedesco nel 1855 avesse costruito per la illuminazione di un proprio veicolo alcuni corpi illuminanti costituiti da un globo di vetro a vuoto nel quale

Biblioteca nazionale centrale di Roma

stava un filamento di carbone reso incandescente da una corrente elettrica data da una batteria. Questo ritrovato precederebbe di 25 anni la scoperta di Edison che nel 1879 costruiva la prima lampada a incandescenza con corpo luminoso costituito da un filo carbonizzato. La durata di tale lampada era di 45 ore. Edison, disponendo di larghissimi mezzi per lo sviluppo della sua invenzione, potè diffonderla rapidamente. Una delle prime grandi installazioni fu quella della Pearl Street a New York, con 1300 lampade, portate poi, nell'anno successivo, 1883, a 3500 lampade. La prima affermazione in Germania fu nel 1882 ad opera di un ingegnere di Stoccarda che aveva veduto le prime lampade Edison esposte alla Esposizione di Parigi nel 1881; la centrale elettrica di Stoccarda fu illuminata con 100 lampade a incandescenza e 3 lampade ad arco. Della cosa si interessò subito W. Siemens per opera del quale si fondò la prima Società per la illuminazione di Berlino. Il primo impianto fu fatto con corrente continua a 110 V. L'A. si diffonde a descrivere le vicende finanziarie di questa Società e le difficoltà incontrate nella prima centrale equipaggiata con motori a gas. Nel 1887 si ebbe la prima Impresa elettrica Comunale a Lubecca e poi a Elberfeld, entrambe con centrali a vapore. Tutti questi impianti erano fatti a 110 V con il sistema 3 fili. Nel 1890 si ebbe il primo impianto a corrente alternata a Reichenhall in Baviera, col quale si poteva estendere assai il raggio di azione dell'impianto. L'A. ricorda poi le grandi conseguenze avute per lo sviluppo della industria elettrica dalla introduzione dei trasformatori e dalla adozione dei trasporti di energia elettrica a distanza ad alta tensione, e fornisce date notizie statistiche sulla diffusione della distribuzione di energia elettrica in Germania. *Ri.*

IMPIANTI.

Kd. Meyer — I progetti statali di sfruttamento della valle del Tennessee. (E. Wirtschaft, ottobre-dicembre 1944, pag. 305 a 307, con 4 fig.). **20 i**

L'A. rifà la storia dei progetti di sfruttamento della valle di Tennessee soffermandosi su quello definitivo approvato nel 1935 il quale contempla: la costruzione di una via d'acqua profonda 2,8 m lunga 1050 km da Knorville a Paducah; un vasto piano di irrigazione; la costruzione di un importante gruppo di impianti idroelettrici. Il piano esige la costruzione di 9 alte dighe nel corso del fiume; un precedente piano con 32 piccole dighe fu abbandonato per le eccessive difficoltà che si creavano, con troppe chiuse, alla navigazione. Secondo il progetto del 1935 il complesso dei lavori avrebbe dovuto essere finito entro il 1944 e mettere a disposizione una potenza minima, ad acque basse, di 660 000 kW e una potenza massima di 1,8 milioni di kW. La prima diga costruita fu quella di Norris-Damm lunga 570 m e alta 81 m sulle fondazioni che riuscirono molto difficili; il bacino idrico a monte è di 7650 km²; la portata varia fra 6 e 3260 m³/sec; il serbatoio prodotto ha una capacità di 3180 milioni di m³; nella centrale sono installati 2 gruppi con turbine Francis per 110 m³/sec, 50 m di salto, accoppiate con alternatori da 56 000 kVA, 60 p/s, 13 800 V. Seguirono la Wheeler-Damm alta 22 m e lunga 1990 m, con un serbatoio di 1360 milioni di m³; la centrale con salto di 15 m ha una potenza continua di 66 000 kW che arriverà a 259 000 kW a lavori ultimati. Il terzo impianto fu quello di Pickwick Landing con una diga lunga 2350 m e alta 34 m, con bacino di 1280 milioni di m³; la centrale, con salto di 16,5 m, ha una potenza continua di 76 000 kW, che arriverà a 216 000 kW. Seguì l'impianto di Guntersville con diga lunga 1220 m e alta 29 m, bacino di 1180 milioni di m³, centrale con salto di 12 m, da 45 000 kW (successivamente 97 000 kW). L'impianto di Chickamauga ha la diga di 33 m, lunga 1730 m, con bacino di 790 milioni di m³, salto di 13,5 m, centrale da 50 000 kW che saranno portati a 108 000 kW. L'impianto di Hiwassee ha la diga di 98 m, lunga 385 m, con bacino di 540 milioni di m³, salto di 44 a 47 m e centrale da 120 000 kW. L'impianto di Cherokee con una diga da 53 m lunga 2050 m ha un bacino di 1720 di m³, salto di 46 m e centrale da 90 000 kW. L'ultima diga prevista è quella di Gilbertsville, alta 44 m e lunga 2620 m, che forma un bacino di 7600 milioni di m³; la centrale, con salto di 17,5 m, ha una potenza continua di 81 000 kW, che si prevede di portare a 192 000 kW. Del sistema fa parte anche la diga Wilson (dell'impianto di Muscle Shoals) costruita nel 1925, alta 42 m, lunga 1480 m che forma un bacino di 740 milioni di m³, centrale con salto di 28 m e potenza continua di 122 000 kW aumentabili a 444 000 kW. L'A. riporta alcune notizie sul finanziamento di questo complesso di lavori e sulle rendite previste. Le centrali di Wheeler Damm e di Hinwassee sono del tipo all'aperto. Vi sono poi anche due centrali senza diga e cioè: la centrale di Watts-Bar, con salto di 19 m e potenza di 51 000 kW da portarsi a 150 000 kW; la centrale di Fort Loundoun (Coulter Shoal) con salto di 20 m e potenza di 11 000 kW da portare a 54 000 kW. *Ri.*

I. Malandrone — **Forze endogene.** (Rivista del Catasto, gennaio-aprile 1944, pag. 69 a 76, con 1 fig.). **20 a**

Dopo alcune considerazioni circa le risorse mondiali di combustibili fossili, l'A. rileva la necessità di cominciare fin da ora a studiare le possibilità di fruttamento delle energie naturali endogene. Il più cospicuo esempio in merito è quello della utilizzazione dei soffioni boraciferi di Larderello con una potenza installata di centinaia di migliaia di kW. Altri tentativi sono stati fatti per utilizzare il calore delle sorgenti termali; si è riconosciuta la convenienza di ricorrere in tali casi, anzichè all'acqua come fluido elaborante, a vapori aventi alto peso molecolare, specialmente il cloruro di etile che non attacca i metalli comuni. In un impianto sperimentale i vapori di etile vengono prodotti a 3 atmosfere e portati, saturi, a espandersi in una turbina fino a 0,4 atmosfere (21 °C) e scaricati nel condensatore per essere poi rimessi in caldaia attraverso un preriscaldatore. Impianti di questo tipo potrebbero anche essere interessanti per ricupero del calore dell'acqua di circolazione di grossi motori Diesel; ad esempio su una motonave da 7500 kW si potrebbero ricavare 750 kW per i servizi ausiliari, risparmiando 5 tonnellate di nafta al giorno. Una centralina di tale tipo era in progetto nell'Isola di Ischia, con una potenza di 300 kW, per l'illuminazione dell'isola. Tenendo presente il fatto che nei trafori alpini si incontrano temperature elevate (ad esempio al Sempione 56 °C) e sorgenti di acqua calda fino oltre 50 °C, si è da alcuni pensato che si potesse utilizzare la enorme quantità di calore contenuto nei massicci alpini costruendo apposite gallerie per convogliare forti portate di acqua fredda che uscirebbe riscaldata e verrebbe utilizzata col concorso di altra acqua fredda; la massa di acqua calda sfruttata verrebbe nuovamente convogliata in galleria e così via. L'A. osserva come tale proposta urti contro la difficoltà del piccolissimo coefficiente di trasmissione del calore delle rocce dei massicci alpini che si aggira intorno a 0,6 a 0,7 cal/m h °C. Un semplice calcolo dimostra che per elevare una portata di 10 000 litri/sec da 10 a 60 °C occorrerebbe una galleria di 5 m di diametro lunga 2 300 km. L'A. espone poi alcune considerazioni relative alle sorgenti calde di Acqui per mettere in evidenza le grandi incertezze a cui si va incontro cercando di interpretare i fenomeni dell'interno della terra. In linea di massima non conviene rivolgere l'attenzione a quelle regioni nelle quali il gradiente termico è dell'ordine di 40 a 50 m (rocce cristalline antiche delle montagne) ma piuttosto a quelle regioni dove tale gradiente scende a 15 ed anche a 10 m e in particolare alle regioni vulcaniche e circumvulcaniche, sia attive che spente. Ad ogni modo allo stato attuale della tecnica sembra difficilissimo e forse impossibile convogliare all'esterno il calore del sottosuolo quando manchi l'acqua naturale che, sotto forma di vapore o di liquido, porti tale calore all'esterno. *Ri.*

G. Bente — **Ricerche con impianti di conteggio e di misura a distanza.** (E. Wirtschaft, 5 aprile 1944, pag. 109 a 112). **20 l**

L'A. chiama impianti di conteggio a distanza quelli in cui viene trasmesso con la massima precisione possibile, il valore di una certa quantità di energia a intervalli di tempo relativamente lunghi, mentre chiama impianti di misura a distanza quelli che trasmettono le indicazioni dei valori istantanei delle grandezze da misurare. Gli impianti di conteggio comprendono in generale un contatore il quale mediante un contattore trasmette un numero di impulsi proporzionale al suo numero di giri; gli impulsi vengono, alla stazione ricevente, sommati da un apposito dispositivo che

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dà come risultato la misura della energia misurata dal contatore trasmettente. Il sistema è fondamentalmente indipendente dalla resistenza della linea di trasmissione e dalla tensione. Il dispositivo a contattore deve chiudere con sicurezza e non risentire eventuali urti o scosse, non deve influenzare il funzionamento del contatore, deve riaprire automaticamente i contatti affinchè non possano venire trasmessi impulsi errati da cause estranee. La pratica ha dimostrato che è necessario procedere almeno una volta all'anno ad una revisione accurata degli apparecchi specialmente per evitare che, per accresciuto attrito del relè ricevente, gli impulsi non vengano registrati regolarmente. Nei grandi impianti in cui vi sono più apparecchi riceventi e un dispositivo per sommarne le indicazioni, è opportuno che ogni ricevente abbia anche un proprio contatore; in tal modo è facile riscontrare gli eventuali errori nelle indicazioni del valore somma. Qualche difficoltà offre in qualche caso la misura esatta del carico massimo, mediante trasmissione delle indicazioni a brevi distanze di tempo (un quarto o mezz'ora). Nel caso delle misure a distanza (valori istantanei) l'impianto è ancora simile; siccome però il numero di impulsi da trasmettere è molto più grande, il contatore trasmettente viene munito di un collettore; alla stazione ricevente viene installato un relè a vibrazione molto sensibile che oscilla liberamente per almeno 20 impulsi al secondo; esso carica e scarica condensatori che sono alimentati a tensione costante; la corrente di carica dei condensatori che risulta proporzionale alla grandezza da misurare, viene indicata da un galvanometro a bobina mobile graduato di solito in unità della grandezza da misurare. La precisione è necessariamente più piccola che nel caso prima studiato. La precisione dipende: da quella dell'istrumento misuratore e generatore di impulsi: dalla precisione e costanza dei condensatori; dalla precisione dell'apparecchio indicatore; dalla costanza della tensione usata per la carica dei condensatori. Se l'impianto è in buone condizioni si può fare conto su una approssimazione di circa 2 a 3 %. Anche qui è necessaria una accurata sorveglianza. Le principali cause di errore possono essere: insudiciamento del collettore del trasmettitore di impulsi, contatti difettosi del relè a vibrazione. Sebbene questi sistemi siano poco sensibili alle variazioni di resistenza della linea o della tensione di alimentazione, tuttavia bisogna curare bene l'isolamento e le giunzioni del conduttore di collegamento; se questo è posto nello stesso cavo con altri conduttori bisogna fare in modo che non possano venire indotte in esso tensioni perturbatrici. Nella posa di nuovi cavi è sempre prudente installare un certo numero di fili di riserva per le eventuali ulteriori esigenze, tanto più che l'aumento di costo del cavo risulta assai piccolo. L'A. espone ancora alcune considerazioni intorno alle linee di servizio per questi impianti e intorno a casi particolari che possono presentarsi. *Ri.*

A. Dennhart — **Sviluppo e importanza dei sistemi di comunicazione nelle imprese elettriche.** (E. Wirtschaft, 5 aprile 1944, pag. 103 a 109, con 4 fig.). **20 l**

L'A. si occupa in particolare delle telemisure e dei comandi a distanza negli impianti elettrici. I sistemi di misure a distanza possono classificarsi in due categorie: sistemi a intensità o continui; sistemi a impulsi. I primi sono i più numerosi e possono ulteriormente suddividersi secondo che richiedono una sorgente ausiliaria di corrente oppure no; al primo gruppo appartengono i sistemi a raddrizzatore oppure a generatore; al secondo gruppo appartengono i sistemi a potenziometro o a resistenza. Un gruppo a sè è costituito dai sistemi a compensazione i quali hanno il pregio di essere pressochè indipendenti dallo stato dei conduttori di collegamento. Alla categoria dei sistemi a impulsi si possono ascrivere quelli a tempo, a frequenza, a compensazione; questi due ultimi sono i più diffusi. I sistemi a intensità, o continui sono in generale usati per piccole e medie distanze, mentre quelli ad impulsi si prestano per grandi distanze. La tendenza moderna è di utilizzare i canali di trasmissione per trasmissioni multiple. Ciò può avvenire in vari modi e si distinguono: sistemi a trasmissione multipla di sole misure e sistemi a trasmissione multipla di misure contemporanee ad altre trasmissioni; ciascuno di questi gruppi può ulteriormente suddividersi secondo che la trasmissione delle diverse indicazioni di misura avviene contemporaneamente oppure in istanti successivi. Il primo metodo viene di solito realizzato coi sistemi della telefonia ad alta frequenza o mediante circuiti fantasma, il secondo mediante dispositivi meccanici o elettrici che inseriscono successivamente gli strumenti di misura sull'unico canale disponibile. Nel caso di trasmissione contemporanea su linee utilizzate anche per altri scopi possono prendersi in considerazione due metodi: trasmissione continua con interruzione durante le conversazioni, oppure trasmissione continua mediante l'introduzione di un canale a bassa frequenza sotto la banda delle frequenze vocali. Per quanto riguarda i comandi a distanza si devono considerare i seguenti servizi: indicazione dello stato degli interruttori, dei dispositivi di sicurezza ecc.; comando a distanza degli interruttori, e segnalazione di ritorno; regolazione graduale o a gradini. I progressi della tecnica hanno permesso di arrivare ai sistemi a filo unico, per i quali basta un solo conduttore per realizzare il servizio a distanza, introdotti per la prima volta nel 1926. Il sistema, successivamente perfezionato, si giova dei metodi della tecnica della telefonia automatica. Particolare importanza vanno assumendo, in relazione ai comandi a distanza, i dispositivi di funzionamento automatico. Essi possono distinguersi in 3 categorie; automatismo completo; automatismo completo con controllo a distanza; automatismo con possibilità di comando a distanza. Molto diffusi sono ormai nelle centrali gli schemi luminosi in cui sono riportate le manovre che vengono compiute a distanza. La adozione del cosiddetto ripartitore del carico ha assai contribuito alla diffusione dei sistemi di misure e comandi a distanza. Con metodi analoghi è stato anche risolto il problema di sorvegliare le reti a bassa tensione complesse, da un posto centrale; vi sono sistemi che esigono conduttori appositi e altri che utilizzano gli stessi conduttori a correnti forti, mediante uso di frequenze portanti oppure mediante variazioni di breve durata nella tensione di rete. Tali sistemi possono essere usati per comando di impianti di illuminazione, per apparecchi a tariffe multiple ecc. L'A. chiude esponendo le Norme emanate a proposito di simili installazioni. *Ri.*

J. Eisert — **Servizio continuo; un problema di impianto.** (E. Wirtschaft, 5 aprile 1944, pag. 91 a 95, con 5 fig.). **20 c**

Con il diffondersi delle applicazioni elettriche e delle connessioni delle reti si è ormai arrivati al punto che i nodi principali della rete rimangono perennemente sotto tensione giorno e notte. L'A. presenta uno schema di impianto di interruttori derivati da sbarre in una cabina o centrale, per tensioni fino a 30 kV. Sulla base di tale schema l'A. dimostra come, pur avendo due terne di sbarre di cui una sola sia sotto tensione, riesca difficile e pericoloso eseguire lavori o riparazioni sulle sbarre fuori tensione. Eppure le riparazioni vanno eseguite sebbene una o l'altra terna di sbarre debba essere sempre sotto tensione. In pratica si adottano in certi impianti artifici di vario genere: schermi di protezione, e simili. L'A. mette ancora in rilievo i pericoli derivanti dai depositi di polvere sugli isolatori e le conseguenze che ne possono derivare in caso di umidità che vi si condensi. È necessaria quindi una accurata manutenzione di questi impianti interni. L'A. espone alcune considerazioni sulle distanze di rispetto da adottare per schermi protettivi da parti sotto tensione e espone anche risultati di esperienze in proposito. Queste hanno condotto ad una disposizione di montaggio dei coltelli che presenta maggiore sicurezza in confronto alla disposizione comune. Con questo ed altri artifici è possibile costruire celle per interruttori e sbarre sulle quali si possono eseguire lavori o riparazioni con piena sicurezza anche se una parte dell'impianto è sotto tensione. Viene presentato uno schizzo di sezione di una cabina costruita con tali principi e ne sono illustrati i vantaggi. *Ri.*

MISURE.

H. Giermann — **Un misuratore di tempi brevi di nuovo tipo per misure in esercizio.** (E. Wirtschaft, 5 giugno 1944, pag. 166 a 168, con 6 fig.). **28 f**

Nelle moderne reti i tempi di funzionamento dei relè e dei dispositivi di protezione rappresentano frazioni molto piccole di secondo e devono d'altra parte essere opportunamente tarati per assicurare un funzionamento soddisfa-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

cente. Ora, tempi così piccoli si possono con difficoltà misurare durante l'esercizio degli impianti: i comuni contasecondi non possono servire; gli orologi elettrici hanno errori troppo forti quando si scende sotto 0.1 secondo; gli oscillografi anche nelle loro forme portatili non sono di comodo impiego e richiedono di fotografare e sviluppare l'immagine mentre spesso è conveniente poter avere una indicazione pronta e rapida sul posto. L'A. descrive un apparecchio studiato con questi intendimenti; esso è contenuto in una cassetta di 35×27×15 cm e pesa 7,5 kg. Se si carica un condensatore con un impulso di corrente attraverso una resistenza, la quantità di elettricità che il condensatore riceve dipende dalla durata; mediante un voltmetro a piccolo consumo proprio si misura la tensione raggiunta dal condensatore e si può dedurne, con un grafico opportuno, la durata della corrente di carica. La curva di taratura può essere costruita in via teorica ma è preferibile tracciarla per confronto con un oscillografo. L'apparecchio viene alimentato con tensione continua a 24 V, che generalmente è facilmente disponibile in ogni cabina o centrale; si risparmia così di dover portare una sorgente apposita di energia. Per avere elevata precisione ci si limita però ad utilizzare la tensione fino a 15 V. Inserendo varie resistenze si possono ottenere cinque campi di misura per tempi da 0,5 a 200 periodi della corrente alternata a 50 p/s. Tali valori coprono tutta la gamma dai più brevi tempi di azione dei relè ai più lunghi tempi di separazione dei contatti. Come condensatori si impiegano 2 condensatori elettrolitici, di dimensioni assai piccole, ciascuno da 500 μF e 30 V; l'errore proprio, nel campo di temperature pratico, è assai piccolo. Come strumento indicatore serve un ordinario galvanometro con un consumo proprio di 0,2 mA. L'A. riporta lo schema generale dei circuiti dell'apparecchio e ne illustra poi l'impiego per i vari casi di misure che possono presentarsi: tempo di apertura dei relè, tempo di separazione dei contatti ecc. Per ciascuno di questi casi viene illustrata la modificazione del circuito e il modo di inserzione. *Ri.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

H. Kitten — **Costruzione delle linee telefoniche sulle palificazioni delle linee ad alta tensione.** (E. Wirtschaft, 5 luglio 1944, pag. 198 a 202, con 8 fig.). **38 c**

Secondo l'A. il sistema di installare le linee telefoniche di servizio sulle stesse palificazioni delle linee di trasmissione di energia ad alta tensione presenta dei vantaggi anche dopo l'introduzione dei sistemi a onde portanti ecc. Naturalmente però tale sistema fa nascere dei problemi che riguardano sia la sicurezza del personale sia i disturbi che possono venire alle comunicazioni per effetti di influenza delle linee di energia su quelle di comunicazione. L'A. si occupa appunto di tali problemi, partendo dalla ipotesi che sia le linee di telecomunicazione sia quelle di energia siano costruite a regola d'arte per quanto riguarda l'isolamento, ecc. La voce umana copre una banda di frequenze da 300 fino a 2400 p/s; per evitare disturbi bisogna eliminare frequenze estranee entro questi limiti o vicine ad essi. La frequenza industriale per sè non produrrebbe disturbi notevoli, ma essa contiene delle armoniche il cui effetto può essere assai nocivo. Le linee di comunicazione vengono influenzate dal campo elettromagnetico alternativo delle linee di trasmissione di energia e dal loro campo elettrico. Le linee di forza del campo elettromagnetico che si concatenano coi conduttori delle linee di comunicazione, inducono in queste tensioni perturbatrici; in condizioni normali le cose non sono tali da produrre disturbi notevoli finchè non si verifichino messe a terra accidentali del sistema di energia. L'effetto del campo elettrico è dovuto al collegamento capacitivo che si stabilisce fra i conduttori di energia e quelli di comunicazione e l'A. elabora la formula per il calcolo della tensione indotta in questi ultimi. Gli effetti perturbatori sono specialmente sensibili se i due conduttori della linea di telecomunicazione son disposti disimmetricamente rispetto a quelli di energia. Per rimediare a tale inconveniente si ricorre a trasposizioni dei conduttori di comunicazione lungo la linea. L'A. si diffonde a studiare questi fenomeni e presenta anche una costruzione grafica per la risoluzione vettoriale dei problemi relativi alla determinazione delle tensioni perturbatrici indotte. Svolge anche qualche caso numerico caratteristico. Arriva così ad alcune conclusioni di carattere applicativo. La costruzione della linea deve essere quanto più possibile uniforme; i due conduttori di telecomunicazione devono essere installati vicini l'uno all'altro il più possibile per ridurre gli sfasamenti delle tensioni indotte. Se si devono introdurre variazioni nelle caratteristiche della linea, bisogna indagare con il metodo indicato, dall'A. le corrispondenti conseguenze sulla linea di telecomunicazione; i calcoli possono essere laboriosi, ma conducono a buoni risultati. Bisogna eseguire lungo la linea frequenti permutazioni nella disposizione dei conduttori di energia e, più frequentemente ancora, di quelli di telecomunicazione. In proposito è riportato uno schema di disposizione. *Ri.*

A. Dennhardt — **Sviluppo e importanza delle comunicazioni nelle imprese elettriche.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1944, pag. 65 a 71, con 12 fig.). **38 e**

Un sistema di comunicazioni per servizio di una impresa elettrica deve rispondere ai seguenti requisiti: sicurezza e prontezza di funzionamento, possibilità di raggiungere il personale opportuno nel caso di incidenti, rapidità di stabilimento dei collegamenti telefonici specialmente in caso di guasti. Dopo alcune considerazioni di carattere generale l'A. riepiloga i vari sistemi di comunicazioni in uso osservando come siano specialmente importanti quelli che utilizzano le stesse linee di trasmissione per realizzare canali di comunicazione. Ciò può essere effettuato in vari modi: canali ad alta frequenza sulle linee ad alta tensione; canali su linee di comunicazione montate sulle stesse palificazioni delle linee di trasmissione; cavi aerei sui pali di linea; cavi interrati lungo le linee; cavi interrati negli stessi condotti di cavi ad alta tensione. Le linee di comunicazione su palificazione propria presentano il vantaggio di essere sottratte agli effetti di induzione da parte delle linee di trasmissione di energia, ma presentano numerosi svantaggi di esecuzione e di esercizio. Vengono passati in rivista questi diversi sistemi indicando di ciascuno le caratteristiche tecniche ed esponendo considerazioni sulla loro convenienza. In particolare è preso in considerazione il sistema di comunicazioni ad alta frequenza sulle linee ad alta tensione; sono ricordati i vari sistemi di accoppiamento a condensatori, specialmente di tipo a carta in olio, che è il più recente; il sistema è specialmente opportuno per reti a tensione superiore a 50 kV; esso si è dimostrato uno dei sistemi più sicuri nei riguardi della continuità delle comunicazioni in ogni evenienza; si possono ottenere più canali sullo stesso conduttore e collegare parecchi posti su un solo canale, oppure utilizzare un canale per diversi scopi (misure a distanza, telecomandi, protezioni ecc.). Passando poi a considerare la posa di linee telefoniche sulle palificazioni di linee ad alta tensione, l'A. descrive le apparecchiature di sicurezza che sono state studiate per tali impianti e che hanno permesso di installare linee telefoniche anche su palificazioni di linee a 100 kV. Vengono pure date notizie circa gli sviluppi degli altri sistemi prima ricordati. L'A. segue poi i progressi della tecnica anche per quanto riguarda gli apparecchi usati per queste linee di telecomunicazioni a servizio di reti elettriche mettendo in evidenza gli accorgimenti che hanno reso possibile negli impianti moderni di usare apparecchiature poco diverse da quelle delle ordinarie linee di telecomunicazione pur assicurando la incolumità del personale durante le comunicazioni. Altre considerazioni sono esposte intorno alla costituzione delle reti di telecomunicazioni e ai collegamenti fra le varie linee. È fatto cenno anche ai collegamenti di carattere telegrafico. *Ri.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

E. Bornitz — **Regolazione della tensione e distribuzione del carico nelle reti per mezzo di trasformatori e condensatori regolabili.** (E. u. M., 29 ottobre 1943, pag. 525 a 537, con 21 fig.). **40 f**

Disposizioni legislative tedesche emanate alcuni anni or sono hanno favorito il diffondersi di collegamenti fra le grandi reti industriali e le centrali elettriche private delle industrie. Ciò ha introdotto altre esigenze per la regolazione della tensione delle reti e per la generazione della energia reattiva alla quale in certi casi si provvede me-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

diante l'installazione di batterie di condensatori in vicinanza dei baricentri dei carichi reattivi. L'A. studia le varie condizioni che possono presentarsi per analizzare come, per mezzo di trasformatori di regolazione, condensatori o altri mezzi, si possa ottenere la regolazione della tensione, la diminuzione delle perdite ohmiche e l'opportuna distribuzione dei carichi. Comincia ad esaminare l'azione di un trasformatore di regolazione per la regolazione della tensione, del carico attivo e reattivo e della distribuzione dei carichi, prima in una rete alimentata da un solo lato, poi in una rete alimentata in più punti. Il campo di regolazione, nel primo caso deve essere assai maggiore per reti ad alta tensione che per quelle a media e bassa tensione; il campo di regolazione dipende anche dall'impedenza della rete e dal carico attivo e reattivo che bisogna trasmettere. Più complesso è il caso della rete alimentata in più punti che l'A. analizza mettendo in evidenza come il trasformatore a gradini sia un mezzo assai efficace nelle mani del dirigente la rete per la regolazione di essa; alcuni diagrammi illustrano efficacemente quanto esposto. Vengono poi considerate le reti chiuse ad anello semplice o composto studiando anche per esse l'azione regolatrice del trasformatore a tensione variabile. In particolare l'A. si diffonde a considerare l'impiego di batterie di condensatori, dimostrando con considerazioni teoriche come tale metodo presenti notevoli vantaggi. Vengono poi citati alcuni impianti di tale genere già eseguiti. Negli impianti di parecchie miniere di sali potassici in Germania alimentati a 5500 550 V sono stati installati, sul lato bassa tensione numerosi condensatori da 30 kVar per compensazioni singole di motori da 50 e da 65 kW; in tal modo non soltanto si sono sensibilmente scaricati i cavi e il trasformatore abbassatore e ridotte le perdite nella trasmissione ma anche rialzata la tensione ai morsetti del condensatore da 480 a 510÷520 V, ottenendo altresì un aumento nella coppia di avviamento dei motori. In dette reti si sono installati finora condensatori per un complesso di 10 000 kVar di cui circa il 70 % per compensazioni singole, mentre il resto è inserito sulla rete a 5500 V alla fine di lunghe condutture per scaricare la rete e regolare la tensione. Anche in alcune città si sono fatti impianti analoghi: a Winterthur si è potuto ottenere, con l'installazione di batterie di 900 kVar di condensatori, che in inverno nonostante l'aumento del carico luce, alla sera, la tensione si risollevasse da 206 a 214 V. In un'altra rete a 15 kV con un carico di 3000 kW all'estremità, mediante l'installazione di 1200 kVar di condensatori si è elevato il fattore di potenza da 0,72 a 0,87, riducendo la caduta di tensione da 17 % a 11 % e abbassando le perdite in linea del 40 %. Un impianto industriale con carico medio di 6000 kW era alimentato con 2 linee parallele a 22 kV da una centrale lontana circa 30 km; la rete a 380 V era alimentata attraverso parecchie cabine e su di essa sono inserite batterie di condensatori per 8000 kVar che elevano il cos φ a 0,9; si sono potuti così dimensionare in modo più ridotto i trasformatori riduttori e risparmiare notevoli perdite. Un altro esempio è quello di un impianto di condensatori da 36 MVar, 10 kV per la compensazione di grossi forni alimentati da una rete a 100 kV, con un trasformatore da 100 MVA; i condensatori servono, oltrechè per migliorare il fattore di potenza a scopo tariffario, anche a mantenere costante la tensione di 10 kV alle sbarre ad onta delle forti oscillazioni di carico dei forni. Assai diffusi sono gli impianti di condensatori di compensazione e regolazione nel Giappone. È citato il caso di una rete a 154 kV che è regolata, in una cabina con condensatori sincroni da 15 MVar e in un'altra cabina da una batteria di condensatori da 32 MVar e da un trasformatore a tensione variabile $\pm$ 10 % in modo che la tensione è mantenuta costante a 22 kV $\pm$ 0,75 %; i condensatori sono regolabili a 14 gradini e sono in parte disposti a circuito risonante in modo da ottenere la eliminazione della 5ª armonica dalla rete. Altri esempi sono citati. L'A. espone poi considerazioni circa le limitazioni tecniche dei vari sistemi di compensazione citati. *N.*

G. Lehmann — **Trasformazione di conduttore a media tensione ad una tensione superiore.** (E. Wirtschaft, ottobre-dicembre 1944, pag. 298 a 300, con 8 fig.). **40 a**

In certi casi nei quali si deve far fronte a un rapido aumento della richiesta di energia non è possibile installare nuove linee in tempo utile e conviene allora considerare se non sia possibile passare ad una tensione maggiore conservando le stesse palificazioni e le stesse sezioni di conduttori, variando la disposizione della testa del palo. L'A. illustra il caso di una linea a 30 kV trasformata per servizio a 100 kV. Una centrale che alimentava la rete si trovava in condizione di poter raddoppiare la potenza disponibile; la linea esistente era costituita da una terna di conduttori di alluminio da 120 mm². La costruzione di una nuova linea a 100 kV avrebbe richiesto da 6 a 8 mesi e una spesa di circa 160 000 marchi, senza contare le difficoltà di rifornimenti di materiale. Si deliberò quindi di studiare la trasformazione della linea esistente. Le catene di 3 isolatori dovevano venire portate a 6 elementi e la loro lunghezza passava così da 0,79 a 1,20 m. Con ciò non sarebbero state più rispettate le prescrizioni intorno alla distanza dei conduttori (disposti in un piano orizzontale) dal palo e fra loro; con campate di 170 m tale ultima distanza doveva venire portata da 2,20 m a 2,60 m (secondo le Norme ridotte di guerra). Si provvide perciò ad allungare la traversa del palo aggiungendovi alle due estremità un pezzo lungo 0,40 m costituito da ferri ad U bullonati; il conduttore mediano venne sostenuto da due catene a triangolo per tenerlo ben centrato ma non fu possibile anche in questo modo rispettare le distanze e si dovette modificare, allargandola, la testa in traliccio metallico dei pali in legno. Nei pali per incroci e simili la modificazione avvenne nello stesso modo ma si adottarono isolatori speciali, tipi per nebbia, ad isolamento rinforzato, i quali permettevano di ottenere catene di 6 elementi più corte (1,15 m invece di 1,30 m). Per i pali di ancoraggio il doppio attacco del conduttore mediano fu realizzato montando superiormente una piccola traversa parallela alla linea, alle estremità della quale si fissarono due catene di 4 isolatori di tipo accorciato. I pali d'angolo richiesero qualche ulteriore precauzione per il mantenimento in posto del conduttore mediano ciò che richiese complessivamente l'impiego di 4 catene di isolatori. L'A. illustra con qualche dettaglio le modificazioni descritte. I lavori necessari sulla linea lunga 10 km furono eseguiti da una squadra di 12 uomini in 5 settimane. Mentre la costruzione di una nuova linea a 100 kV avrebbe importato il consumo di 12 tonnellate di ferro per km, con la modificazione della linea esistente il consumo si ridusse a 0,6 tonn/km. *Ri.*

G. August — **Regolazione di frequenza e di carico nelle reti di distribuzione di energia elettrica.** (E. Wirtschaft, 5 maggio 1944, pag. 134 a 143, con 27 fig.). **40 f**

Occupandosi della costruzione dei circuiti di regolazione e degli apparecchi relativi l'A. osserva anzitutto come sia necessario avere degli organi sensibili alle varie grandezze che entrano in gioco per la regolazione e come sia opportuno che le segnalazioni dei rispettivi valori vengano trasformate in corrispondenti correnti continue con le quali è più facile procedere ai confronti, alle somme o alle differenze delle grandezze stesse. La tecnica moderna è orientata nel senso di eliminare gli organi che richiedono contatti che debbano aprirsi e chiudersi e quindi dei relè e simili: a tale scopo la tensione continua rappresentante la misura del valore della grandezza da regolare viene confrontata con una tensione continua rappresentante il valore normale da mantenere per tale grandezza; la eventuale differenza di tensione che risulta dal confronto viene portata ad agire direttamente sul motorino del regolatore del motore primo. La tensione differenza può venire amplificata o per via elettrica o, talvolta, per via idraulica con dispositivo elettrodinamico, come nel regolatore Thoma. Per gli apparecchi di misura dei valori istantanei delle grandezze da regolare, si possono distinguere due tipi secondo il modo con cui viene effettuata la trasmissione a distanza delle indicazioni; e cioè col sistema a intensità o con quello a impulsi. La scelta di un tipo o dell'altro dipende dal canale disponibile per la trasmissione. Il sistema a intensità richiede per ogni misura due fili (non influenzati da tensioni esterne) e si presta specialmente per trasmissione a breve distanza, per ragioni economiche. Il sistema a impulsi invece si presta per distanze qualsiasi e permette di utilizzare per la trasmissione linee telegrafiche o telefoniche con onde portanti ecc. L'A. illustra gli schemi dei circuiti di due dispositivi di trasmissione delle misure, ri-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

spettivamente appartenenti al primo e al secondo sistema. Viene pure descritto un circuito per la trasformazione di una tensione o frequenza in una proporzionale corrente continua, basato sul fatto che la fase della tensione reattiva di un circuito oscillante in vicinanza della risonanza varia assai fortemente con la frequenza. Descritti i principali tipi di apparecchi si passa alla descrizione dei circuiti completi di regolazione. Vengono esaminati successivamente i diversi casi: regolazione dei valori istantanei; regolazione dei valori medi. Per effettuare il comando del motorino di regolazione è necessario che la tensione di regolazione ricavata dal dispositivo di regolazione venga opportunamente amplificata. Sono stati in proposito studiati speciali circuiti che permettono di effettuare la amplificazione di una corrente continua senza ricorrere a contatti mobili o simili dispositivi che non danno sufficiente sicurezza di continuità di funzionamento; vengono descritti due tipi di tali amplificatori basati su un principio di compensazione cosicchè le caratteristiche dei singoli elementi che li compongono, valvole, bobine ecc., non influiscono sul risultato ottenuto dalla amplificazione. Anche per il comando dell'organo regolatore vero e proprio del motore primo sono stati studiati tipi particolari di motorini e di circuiti dei quali l'A. descrive un tipo. Un altro problema che viene esaminato è quello dei collegamenti a reazione. L'A. descrive inoltre i dispositivi per la regolazione di più macchine o più centrali. In ultimo sono esposte considerazioni sul funzionamento dei regolatori e sui risultati ottenuti. *Ri.*

H. Almers — **Cabine di trasformazione ausiliarie.** (E. Wirtschaft, 5 agosto 1943, pag. 260 a 263, con 15 figure). **40 c**

Nelle reti di distribuzione, specialmente agricole si fa uso spesso di cabine da palo che permettono notevoli economie nella costruzione in confronto con quelle in muratura, e fanno risparmiare notevoli quantità di materiali. In molti casi si tratta di utilizzare i materiali disponibili sul posto e di affrettare la costruzione; la questione della durata e certe volte anche del costo passa in seconda linea. L'A. illustra alcuni tipi di tali cabine costruite dalle Imprese elettriche della Slesia; si tratta di reti a 10, 15, 20 kV. Si possono considerare vari tipi di cabine ausiliarie e l'A. ne riporta in una tabella i rispettivi fabbisogni di materiale mettendo in evidenza come essi non differiscano molto fra loro per ciascun tipo costruttivo. Il primo gruppo è costituito da cabine da palo di tipo comune; in esse il fabbisogno di legno tagliato in opera si aggira fra 0,2 e 0,3 m^3 e quello di ferro (compresa l'apparecchiatura elettrica, escluso il trasformatore) su 600 a 300 kg. Il consumo di ferro si può ulteriormente ridurre se si costruisce in legno anche la cassetta di protezione della apparecchiatura a bassa tensione. Un altro tipo è costituito dalle cabine in legno, da palo, ma protette esteriormente in modo da costituire una specie di edificio a torre. Per questo tipo il consumo di legno è naturalmente alquanto maggiore e si aggira fra 3 e 3,5 m^3 di legname d'opera, mentre un poco minore risulta il consumo di ferro che si limita a circa 250 kg. Alcune Imprese eseguiscono anche, per queste cabine, una fondazione, che esige circa 0,2 a 0,6 tonnellate di cemento; la fondazione si può omettere quando si tratti di cabine destinate a non restare lungo tempo nello stesso posto. La terza categoria comprende cabine con vera baracca in legno; il fabbisogno di legname d'opera sale a circa 5 m^3 se la baracca è a forma di torre e il trasformatore installato in basso. Per cabine a baracca bassa il consumo di legno si limita da 0,6 a 0,8 m^3 e quello di ferro a circa 320 kg. L'A. fornisce anche qualche dato circa il costo di tali cabine, ma naturalmente esso è molto influenzato dalle condizioni locali. La parte elettrica varia poco dall'una all'altra. I conduttori, dagli isolatori del palo o dalla testa di cavo, vanno al trasformatore attraverso un interruttore e valvole; nel caso di linee in arrivo a media tensione si installa anche uno scaricatore di sovratensioni. L'interruttore è opportuno che venga installato in modo da poter mettere fuori tensione l'intera stazione da palo. Le cabine chiuse e protette permettono di usare apparecchiatura per interno, mentre le altre esigono apparecchiature per esterno; inoltre esse permettono di installare il trasformatore in basso rendendone più facile la sorveglianza e il ricambio. Allo scopo di poter utilizzare per cabine da palo all'aperto trasformatori del tipo per interno, sono stati costruite speciali campane di protezione in porcellana da sovrapporre ai passanti del trasformatore. La apparecchiatura a bassa tensione è in generale installata su un piccolo quadro montato fra due pali ad una altezza raggiungibile da terra; in molti casi si può fare a meno anche di questo quadretto. *Ri.*

G. August — **Regolazione di carico e di frequenza nelle reti di distribuzione elettrica.** (E. Wirtschaft, 5 aprile 1944, pag. 95 a 103, con 13 fig.). **40 f**

Un esame del funzionamento dei comuni regolatori di giri non provvisti di regolazione di frequenza e di carico dimostra che ogni variazione di carico che si manifesti in un punto qualunque della rete viene risentita da tutte le macchine collegate e che perciò gli scambi di potenza fra le reti interconnesse vanno soggetti a variazioni incontrollabili. Ciò dà luogo a diversi inconvenienti tecnici ed economici (perdite di carico nelle trasmissioni, pericoli di perdita del passo, diminuzioni di rendimento di macchine ecc.). Questi inconvenienti scompaiono se la regolazione è studiata in modo che resti costante la frequenza e restino pure costanti gli scambi di energia fra le reti collegate, almeno durante il funzionamento normale, salvo il caso di guasti come la messa fuori servizio di una macchina o di una centrale. Un sistema noto, ma non privo di inconvenienti per realizzare tale programma, è quello della regolazione separata di carico e di frequenza; una centrale o rete (quanto più possibile in posizione centrale), si assume il compito di mantenere la frequenza, mentre le altre si occupano della distribuzione dei carichi e degli scambi di energia. L'A. illustra le caratteristiche di questo metodo di regolazione mettendone in evidenza gli inconvenienti cui può dare luogo. Essi possono venire eliminati introducendo nel sistema di regolazione un criterio che discrimini il punto in cui avviene la variazione di carico e metta in funzione il regolatore corrispondente e blocchi gli altri. Un sistema di regolazione di questo tipo è quello a regolazione combinata di carico e di frequenza; in questo sistema una centrale viene munita di regolatori di frequenza con dipendenza dal carico, mentre le altre centrali vengono munite di regolatori di carico con dipendenza dalla frequenza. L'A. discute ampiamente le caratteristiche di questo sistema nelle varie modificazioni a cui esso si presta e mettendo in evidenza i criteri che devono guidare per scegliere il tipo di sistema di regolazione più adatto ai vari casi che possono presentarsi, in relazione alle condizioni della rete e del servizio da compiere. Un altro problema che qualche volta si presenta è quello della regolazione del valor medio della frequenza; ad esso non soddisfano i dispositivi finora accennati; tale problema si presenta ad esempio per la alimentazione di orologi elettrici; vengono accennati gli artifici relativi. Talvolta si rende necessario procedere a una regolazione della energia reattiva scambiata fra due reti; in generale si procede ad una regolazione manuale, essendo poco diffusi i dispositivi automatici. Il profilarsi della possibilità di sistemi di trasmissione a corrente continua ad alta tensione mediante impiego di raddrizzatori a vapore di mercurio fa sorgere altri problemi; si possono seguire due vie: il regolatore di carico può influenzare la tensione continua o all'inizio o all'arrivo, agendo sulla griglia dell'uno o dell'altro dei mutatori installati alle due estremità della linea a corrente continua. Per ottenere il massimo rendimento degli impianti è poi opportuno che la regolazione sia tale che ogni macchina lavori per la maggior possibile parte del tempo in vicinanza del suo carico nominale (di massimo rendimento); anche a questo problema accenna l'A. In ultimo l'A. accenna alle ulteriori possibilità di altri perfezionamenti nei sistemi di regolazione attualmente in uso. *Ri.*

TRAZIONE E PROPULSIONE.

E. Blaich — **Sul funzionamento in parallelo della macchina per illuminazione e della batteria negli autoveicoli.** (E. u. M., 26 novembre 1943, pag. 579 a 591, con 30 fig.). **41 m**

La batteria di accumulatori installati a bordo di autoveicoli ha essenzialmente il compito di fornire energia quando la dinamo per illuminazione non funzioni (come avviene durante le fermate) oppure quando essa è comandata troppo lentamente (come avviene nelle curve) in modo che fornisce tensione troppo bassa. Come è noto la tensione for-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nita da una batteria varia dall'inizio alla fine della scarica: si rende quindi necessario un sistema di regolazione della tensione. Non si può ricorrere a variare il numero degli elementi inseriti perchè, nel caso degli autoveicoli, la batteria è sempre composta di troppo pochi elementi. Si ricorre allora a inserire direttamente in parallelo la dinamo per illuminazione e la batteria. L'A. riporta lo schema completo dei circuiti elettrici di un piccolo autoveicolo mettendo in evidenza come si colleghi alla massa il polo negativo della batteria, della dinamo e di tutte le utenze; in America si collega invece a massa il polo positivo ritenendo che ciò riduca le corrosioni ai morsetti della batteria, ma le esperienze hanno dimostrato che una differenza si nota soltanto in particolari condizioni. Fra le utenze hanno importanza speciale la illuminazione e l'avviamento, che devono essere alimentati quando la dinamo è ferma; l'avviamento richiede che per le intensità di corrente necessarie non si abbia una caduta di tensione eccessiva. Le altre utenze possono venire divise in due gruppi; per uno di essi si possono ammettere variazioni di tensione circa fra 6 a 8 V, per l'altro gruppo, che comprende tutte le lampade, si esige una tensione quanto più possibile costante. Nelle piccole vetture si usano di solito batterie a 3 elementi, con tensione totale nominale di 6 V; per veicoli medi, batterie di 6 elementi, e per grossi veicoli batterie di 12 elementi. Per lo studio del funzionamento comune della batteria e della dinamo è interessante poter disporre di diagrammi che esprimano la relazione fra corrente e tensione della batteria per diverse condizioni di carica di essa. Curve di tal genere si possono ottenere se si realizza una certa condizione di carica e si misurano rapidamente le tensioni corrispondenti a diversi valori di corrente. Non basta conoscere tali curve per una data temperatura ma è necessario conoscerle per un vasto campo di valore che, in funzione specialmente delle esigenze di guerra, l'A. limita fra — 40 °C e + 60 °C. Diagrammi riportati dimostrano che in qualunque condizioni di carica la tensione aumenta col diminuire della temperatura e viceversa; il limite inferiore resta però sempre quello di 6 V. Oltrechè dalla temperatura la tensione della batteria dipende anche del tempo per cui essa è stata in servizio, cioè dai chilometri percorsi dall'autoveicolo. Per piena carica si nota una sensibile diminuzione della caratteristica di tensione in funzione della corrente. Per quanto riguarda la dinamo bisogna tenere presente il fatto che la velocità di azionamento è fortemene variabile; non si può usare semplicemente una dinamo normale a eccitazione in derivazione ma è indispensabile ricorrere a dispositivi di regolazione della tensione per mantenere questa entro i limiti stabiliti dalle necessità dell'avviamento e della resistenza delle lampade. Ve ne sono di due tipi principali. Uno consiste nell'impiego di una terza spazzola ed è usato specialmente in America. L'A. ne illustra il funzionamento e le caratteristiche; la tensione di impiego è derivata dalle due spazzole principali; l'eccitazione è derivata fra una di queste e la spazzola ausiliaria; coll'aumentare della corrente diminuisce, in causa della distorsione del campo, la tensione fra spazzola principale e ausiliaria, diminuisce quindi la eccitazione e così viene limitata l'intensità di corrente. Fra dinamo e batteria è inserito un interruttore di ritorno che impedisce alla batteria di scaricarsi sulla dinamo quando questa è ferma. Il funzionamento in unione alla batteria è studiato sulla base di diagrammi caratteristici. L'altra soluzione descritta è quella della dinamo con regolatore che rende la tensione indipendente dal numero dei giri mediante inserzione intermittente di una resistenza; l'A. illustra il circuito schematico del dispositivo e ne discute ampiamente il funzionamento anche in relazione alle variazioni di temperatura; per ovviare agli effetti di esse sono stati costruiti speciali compensatori. In ultimo l'A. si occupa degli incidenti di servizio e dei guasti che possono verificarsi nelle batterie. *N.*

W. Pforr — **La elettricità nel traffico vicino e lontano.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1944, pag. 71 a 75, con 7 figure). **41 a**

La prima ferrovia elettrica, a 150 V, fu presentata da W. Siemens nel 1879 alla esposizione di Berlino. Seguì nel 1881 la prima tramvia a 180 V, nella quale le due rotaie servivano rispettivamente come conduttori di alimentazione e di ritorno L'A. segue poi i successivi sviluppi della trazione elettrica con particolare riguardo alle ferrovie urbane di Berlino fino ai lavori eseguiti immediatamente prima della guerra. In alcuni diagrammi è illustrata la importanza relativa dei vari mezzi di trasporto in alcune grandi città a partire dell'anno 1929 fino al 1939. Viene messo in evidenza come la ripartizione sia molto diversa da città a città, ma sempre la trazione elettrica occupa un posto preminente. L'A. ricorda poi le discussioni sulla questione del sistema e le prove fatte a suo tempo in Germania. Fra esse è ricordata la linea sperimentale Marienfelde-Zossen con sistema trifase a 10 kV con conduttore di alimentazione aereo a fianco della linea; nelle prove si raggiunsero velocità di 200 km/h; tale sistema presenta vantaggi per quanto riguarda la costruzione dei motori, ma al contrario presenta le note difficoltà riguardo alla linea aerea di alimentazione. Altre esperienze furono fatte col sistema monofase a 6 000 V e fu in occasione di queste che si usò per la prima volta la sospensione a catenaria per il conduttore di alimentazione. Tale sistema fu largamente adottato in Germania e all'estero; in Germania si usa la tensione di 15 000 V; in America vi sono linee anche a 22 000 V. La trazione a corrente continua presenta i noti vantaggi ma con essa non si possono adottare, allo stato attuale della tecnica, tensioni troppo alte. Le ferrovie germaniche hanno finora elettrificato 2300 km di linee che rappresentano una piccola percentuale della rete complessiva anche del vecchio Reich. In ogni caso la elettrificazione ha portato un sensibile aumento di traffico. L'A. espone alcune considerazioni circa la convenienza della trazione elettrica confrontando il caso di linee vicinali e della grande trazione. Accenna ai piani di estensione delle elettrificazioni che erano previsti per il dopoguerra allo scopo di economizzare carbone da destinare alla produzione di carburanti sintetici o alla fabbricazione della gomma artificiale o ad altri usi più redditizi che la trazione a vapore. È fatto cenno anche delle possibilità della trazione ad accumulatori il cui raggio di azione era finora considerato intorno a 100 km, mentre l'A. ritiene che con gli ultimi perfezionamenti alle batterie si possa contare su raggi utili di 300 km. *Ri.*

CRONACA TECNICA

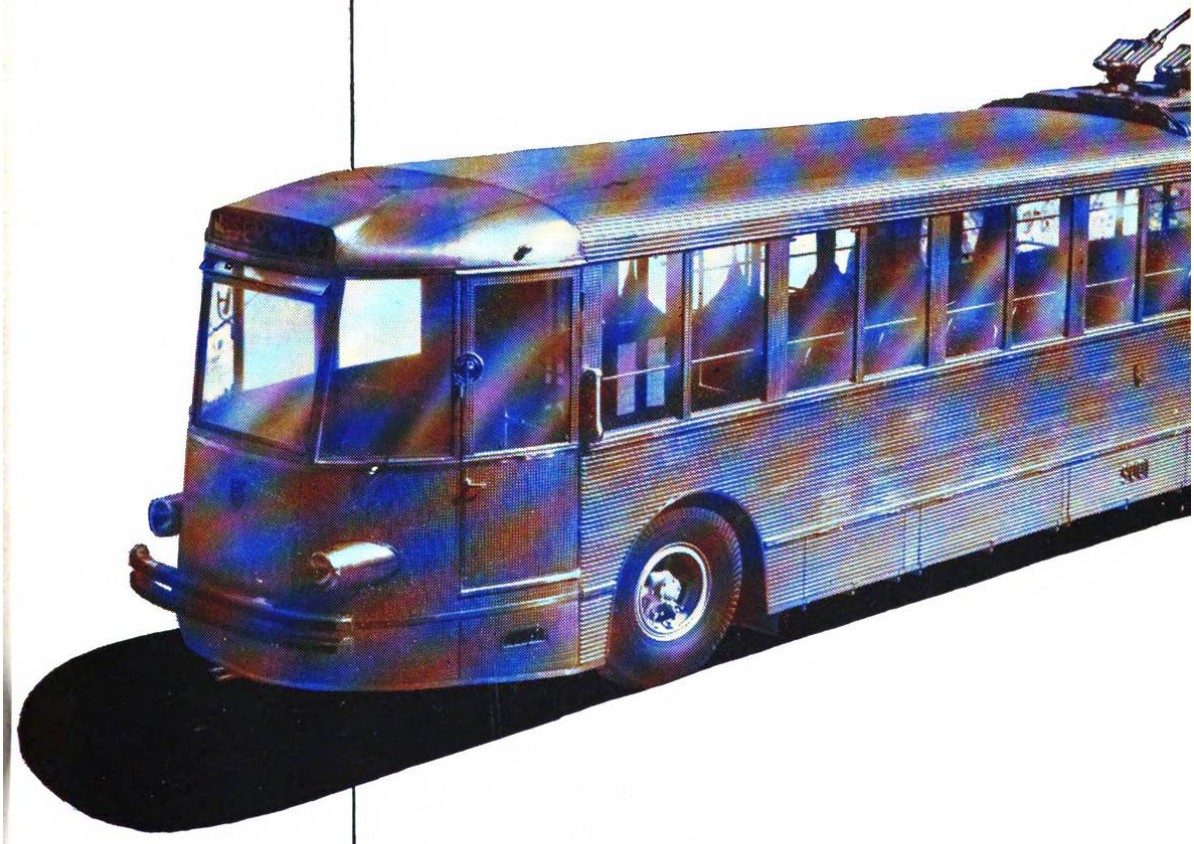
APPLICAZIONI TERMICHE.

5 v Negli **essiccatori** a unico nastro trasportatore per materiali molto umidi si ha l'inconveniente che la zona estrema del nastro è male utilizzata perchè, in causa alla forte diminuzione di volume del materiale durante l'essiccazione, lo spessore dello strato va assai riducendosi e in ultimo l'aria passa attraverso le luci libere senza produrre una efficace asportazione d'umidità. Negli essiccatori elettrici tipo Gericke per erba, si è perciò adottato un secondo nastro parallelo e sovrapposto al primo; il superiore però ha una lunghezza solo di circa 2/3 di quello del nastro inferiore. Entrambi i nastri vengono caricati di materiale all'imbocco; il nastro superiore, all'altra sua estremità scarica il suo materiale su quello inferiore di modo che qui si somma la quantità di prodotto semiessiccato dei due nastri, assicurando così un sufficiente spessore di strati per rendere efficace anche l'ultima porzione del nastro più lungo. Si realizza così a parità di prodotto un minore consumo di energia per unità di prodotto. (« E. Verwertung », 1944-45, N. 1-3, pag. 54). *N.*

5 f Sulla possibile **applicazione della termocompressione agli impianti di essiccazione dell'erba** sono esposte considerazioni in « E. Verwertung » (1944-45, N. 1-3, pagina 56). I normali essiccatori d'erba a riscaldamento elettrico consumano in media 800 calorie per kg di acqua evaporata; applicando artifici di ricupero di calore si può scendere a 650÷600 cal/kg. Il nuovo sistema si basa sul ricupero del calore di evaporazione dell'acqua asportata dall'erba mediante condensazione provocata raffreddando l'aria umida. Questa, a tale scopo, viene fatta espandere in una turbina fino a 0,5 atmosfere; si ottiene così nel condensatore aria a 26 °C che viene portata a 130 °C mediante una termopompa comandata dalla turbina stessa aiutata da un motore elettrico. Si arriverebbe così a un consumo di energia pari soltanto a 350÷400 cal/kg di acqua evaporata. La convenienza di un tale impianto dipende da diverse considerazioni economiche. *N.*

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

FILOBUS A 3 ASSI - 130 POSTI - PER L'A.T.A.G. - ROMA - CON EQUIPAGGIAMENTO DI COMANDO AUTOMATICO ELETTROMAGNETICO A COLLETTORE ANSALDO TIPO "CMF"



(70)

ANSALDO

Biblioteca nazionale centrale di Roma

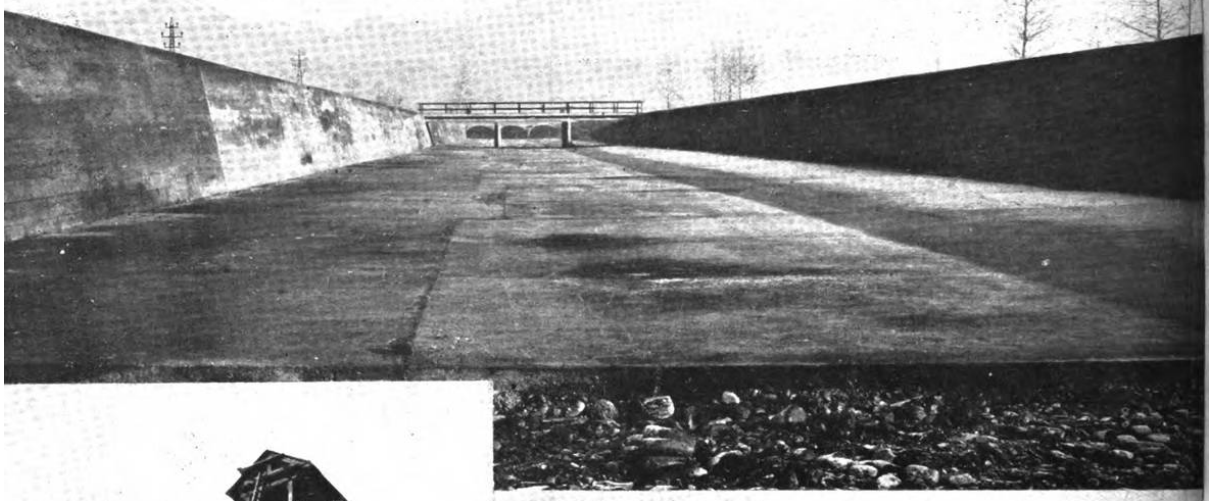
IMPRESA UMBERTO GIROLA

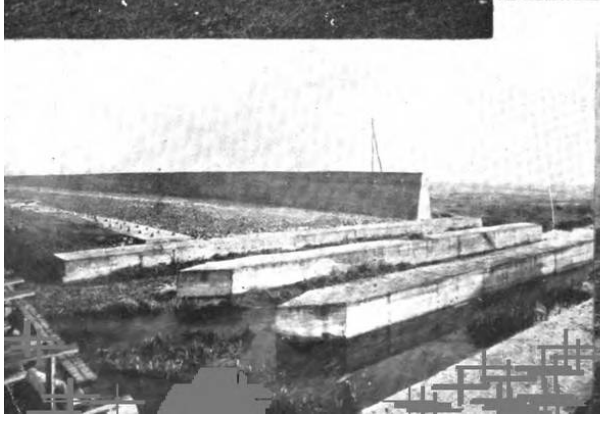
MILANO - DOMODOSSOLA - ROMA - PALERMO

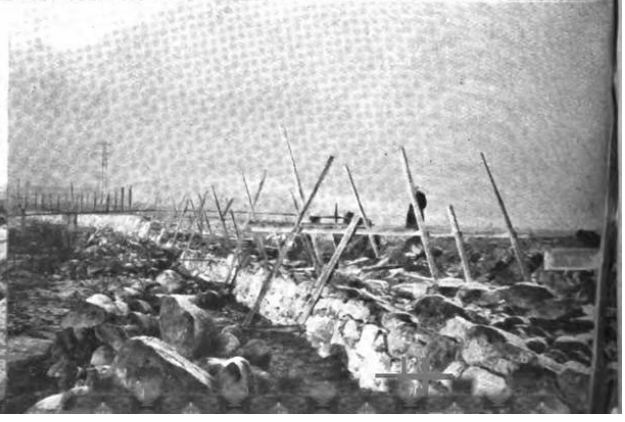
PRINCIPALI LAVORI ESEGUITI ED IN CORSO DI COSTRUZIONE:

25 Impianti idroelettrici per una potenza complessiva di HP. 640.000

18 Laghi artificiali della capacità totale di 157.000.000 di mc. d'acqua







Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

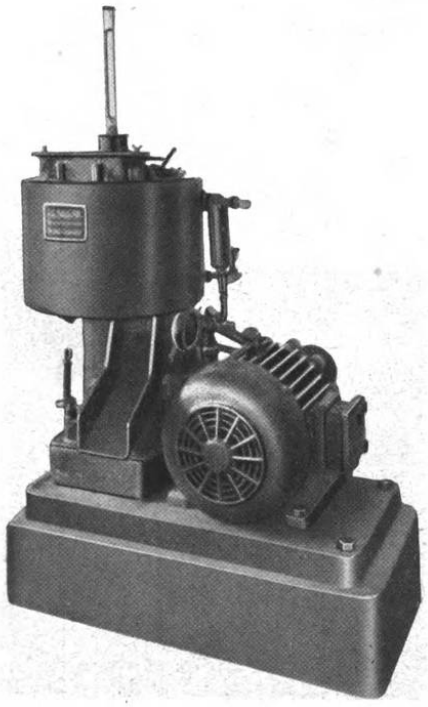
BIBLIOTECA NAZIONALE V.E. ROMA
- 5 APR 1946

ISTRUMENTI DI MISURA
CGS
SOCIETA' PER AZIONI · MONZA
ITALIA

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MOTORI ANTIDEFLAGRANTI

Serie di motori in corto circuito, antideflagranti a prova di esplosione



Comando di una dissoluzionatrice con un motore in corto circuito antideflagrante a prova di esplosione

Il Tecnomasio fornisce equipaggiamenti elettrici adatti per qualsiasi applicazione in ambienti inquinabili da gas, vapori o polveri facilmente infiammabili od esplosivi.

(55)

TECNOMASIO ITALIANO BROWN BOVERI

PIAZZALE LODI, 3 - MILANO - TELEF. N. 5797

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Settembre 1945 N. 9
Pubblicato il 20 Novembre 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI

AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE

SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,-; PER I NON SOCI L. 50,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Gli isteresigrafi (V. ZERBINI) . . . . . Pag. 182
Note sui trattamenti e sulla rigenerazione degli oli isolanti (T. LEARDINI) . . . . . » 193
Lettere alla Redazione: Sulla unificazione delle tensioni (A. CANTÙ) . . . . . » 198
Notizie e Informazioni . . . . . » 198
Libri e Pubblicazioni . . . . . » 199

La nostra industria: Progressi nell'avviamento dei compensatori sincroni . . . . . Pag. 200
Notizie dell'Associazione:
Notizie della Sezione di Roma . . . . . » 201
Necrologio: Ing. Gino Campos - Dott. Ing. D. M. Pellicciari. » 204
Attività delle Sezioni: Sezioni di Bologna, Firenze e Genova. » 204

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 61 D
Cronaca Tecnica . . . . . » 68 D

La futura Riunione Annuale.

Come già abbiamo detto, nell'ultimo Consiglio Generale e nell'Assemblea dei Soci del 5 ottobre 1945, è stato dato mandato alla Presidenza di organizzare la prossima Riunione dell'A.E.I. da tenersi nella primavera.

Si sta attualmente concretando il programma dei lavori che si presenta già fin da ora, nel suo schema generale, estremamente interessante.

Un primo gruppo di memorie e di relazioni sarà costituito da quello che doveva essere il programma della mancata riunione di Montecatini (1943). Si tratta di ben 20 contributi riguardanti le macchine ruotanti i quali vennero già pubblicati su *L'Elettrotecnica* (vedi i numeri dell'ottobre, novembre, dicembre 1943 e gennaio, marzo, aprile, maggio, giugno, luglio, settembre, ottobre 1944) e dei quali un elenco, raggruppato per argomenti, già apparve sul giornale.

Un altro gruppo di relazioni destinato a raccogliere il massimo interesse, sarà dedicato a fornire notizie e informazioni sui danni subìti dai nostri impianti elettrici; su quanto già è stato possibile di fare o si sta facendo per rimetterli in efficienza e sui piani per i futuri lavori di riparazione e restaurazione. Si tratta evidentemente di questioni che sono di fondamentale importanza per la ricostruzione nazionale; mettendoli all'O.d.G. della prossima Riunione di studio l'A.E.I. dimostra ancora una volta di voler sempre essere aderente alla realtà attuale e di interessarsi di tutti i problemi, che, nel campo di sua competenza, toccano da vicino la vita del Paese.

A queste stesse direttive si riattacca un altro tema che sarà portato al congresso: quello della unificazione delle frequenze e delle tensioni. Gli ampi scambi di idee già avvenuti in proposito sul nostro giornale hanno dimostrato quanto il problema sia sentito ed hanno già portato un preliminare contributo allo studio del problema. Al Congresso il tema sarà affrontato in modo organico e completo in parecchie relazioni che ne esamineranno tutti gli aspetti e tutte le ripercussioni; e non vi è dubbio che da un simile esame, completato dalla disamina di una pubblica discussione alla presenza di tanti tecnici competenti, uscirà una parola autorevole e definitiva.

La unificazione delle frequenze è del resto già in atto nell'Italia Centrale e probabilmente sarà estesa anche all'Italia Meridionale già prima del nostro Congresso. In esso pertanto si potrà disporre di dati di fatto sulle difficoltà e sui non molti inconvenienti lamentati, dati che riusciranno preziosi per le ulteriori discussioni.

Le quali, pensiamo, non dovrebbero influire sulla soluzione, che non può essere se non l'adozione in tutta Italia della frequenza europea di 50 p/s, per la quale l'A.E.I. si era già solennemente pronunciata fin dal 1919 al Congresso di Trento.

La Riunione comprenderà poi anche, secondo la tradizione ormai stabilita, una Sezione dedicata alle correnti deboli, la quale intitolerà il proprio programma: « Telecomunicazioni e Ricostruzione ». Si prevedono anche qui parecchi contributi che saranno distribuiti in 3 temi: « Situazione degli impianti di telecomunicazioni », « I problemi del riordino e della ricostruzione delle telecomunicazioni », « Orientamento e possibilità della industria italiana delle telecomunicazioni ». Anche in questo campo, come si vede, non mancano gli argomenti importanti e di scottante attualità.

Sebbene sia ancora prematuro pubblicare un programma preciso dei lavori della futura riunione, quanto ne abbiamo detto basta per mettere in evidenza la importanza e l'interesse veramente eccezionale che essa dovrà assumere, specialmente in relazione al momento attuale, così difficile, che il nostro Paese attraversa.

La ricostruzione è còmpito essenziale dei tecnici, o quanto meno non si può certo pensare di affrontarla senza il contributo dei tecnici e fra questi gli elettrotecnici hanno un campo di attività e di responsabilità di primo piano.

Occorre perciò che tutti coloro che sono in grado di apportare un reale contributo sentano il dovere di farlo e si dispongano subito a collaborare ai lavori del Congresso. I Soci che volessero presentare relazioni o memorie sono invitati a segnalare fin da ora alla Presidenza Generale il titolo del loro lavoro.

L'attività delle Sezioni.

Il graduale ristabilirsi della normalità delle condizioni di vita favorisce anche la ripresa di attività tecnica e culturale delle varie Sezioni della A.E.I.

All'Ufficio Centrale ne giungono sempre più nume-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rose le ripercussioni sotto molteplici forme ed è questo un motivo di grande conforto e di grande soddisfazione per quanti, amando l'A.E.I. ne seguono il progressivo intensificarsi del ritmo vitale, sicura premessa per i futuri sviluppi dopo la tremenda crisi della guerra.

È desiderio della Presidenza che tutti i Soci possano rendersi conto delle iniziative e della vita delle varie Sezioni in modo che possano meglio apprezzare il valore dell'opera che la nostra Associazione va svolgendo nell'interesse della tecnica nazionale.

Per questo, abbiamo ripreso con piacere a pubblicare sul giornale i resoconti delle Assemblee Sezionali, dei Consigli di Sezione e tutte le altre informazioni che ci pervengono dagli organi periferici dell'A.E.I.

Oggi riprendiamo a pubblicare anche la rubrica « Attività delle Sezioni » che si era dovuta interrompere in causa della guerra e delle difficoltà delle comunicazioni. La rubrica, come è noto, è intesa a dare notizie delle riunioni, delle conferenze, delle visite tecniche, e di tutte le altre iniziative delle varie Sezioni.

La difficoltà delle comunicazioni postali e il ritmo di pubblicazione del giornale non permettono praticamente che tali notizie appaiono con un congruo anticipo sulla data delle manifestazioni che vengono citate. Ciò è senza dubbio un inconveniente di cui la Redazione si rende pienamente conto e che cerca, per quanto possibile, di ridurre ai minimi termini. Tuttavia non crediamo che, anche così la rubrica riesca superflua e priva di scopo.

Essa costituisce pur sempre una documentazione interessante anche se qualche volta retrospettiva e, mentre può recare meritatamente soddisfazione alle Sezioni più attive, dovrebbe costituire uno stimolo di emulazione per quelle che lo sono meno...! E basterebbe questo per giustificare la rubrica.

Naturalmente per alimentarla la Redazione ha bisogno che le Sezioni inviino le segnalazioni di tutte le loro iniziative al più presto possibile. E in questo senso rivolgiamo un preciso invito a tutte le Segreterie delle Sezioni.

Gli isteresigrafi.

Le misure delle proprietà magnetiche dei materiali sono fra quelle più importanti, ma anche più laboriose che i laboratori elettrotecnici debbano affrontare.

Nella nostra epoca in cui più che mai si tende ad accelerare tutte le operazioni e a fare risparmio di tempo, non può far meraviglia se si rinnova o meglio si intensifica l'interesse per quei dispositivi che, come gli isteresigrafi, permettono di rilevare direttamente i cicli di isteresi.

Una revisione di tali apparecchi che, proposti da molti decenni sono stati successivamente modificati e perfezionati basandosi su vari principî, è presentato oggi sul giornale dall'ing. V. ZERBINI che ne illustra la costruzione e le caratteristiche.

Oli isolanti.

La questione della conservazione e del trattamento degli oli isolanti ha trovato nella letteratura tecnica una larghissima trattazione ben adeguata alla importanza pratica e alla complessità dei problemi che essa coinvolge.

Anche il C.E.I., come è noto, si è investito della cosa ed ha emesso delle Norme sperimentali intorno alle quali si spera di raccogliere una abbondante messe di osservazioni e soprattutto di risultati pratici di applicazione che potranno costituire elementi preziosi per una rielaborazione delle Norme stesse e la loro eventuale trasformazione in norme definitive.

Un importante contributo di tale genere è apportato oggi dall'ing. T. LEARDINI che informa i lettori degli studi in proposito compiuti dal Laboratorio Ricerche di un importante gruppo industriale nazionale.

LA REDAZIONE

GLI ISTERESIGRAFI

VALENTINO ZERBINI

In una prima parte si trattano gli isteresigrafi da un punto di vista generale, distinguendone gli organi fondamentali e classificandoli secondo i vari tipi di questi.

In una seconda parte si esaminano successivamente: gli isteresigrafi magnetometrici, gli isteresigrafi a flussometro, estendendosi sulla teoria di questo apparecchio, gli isteresigrafi a raddrizzatore vibrante e gli isteresigrafi con integratore elettrico, esponendo di ciascun tipo il principio e varie particolarità costruttive.

CONSIDERAZIONI GENERALI

1. - DEFINIZIONE E SCOPO DEGLI ISTERESIGRAFI. — È noto che, nella maggior parte dei casi, i cicli di isteresi magnetica si tracciano per via balistica o magnetometrica, punto per punto, con procedimento alquanto lungo e laborioso, oppure si determina la sola area dei cicli stessi mediante misure di perdite in corrente alternata.

Sino dai primordi della tecnica delle misure magnetiche si è presentata come altamente suggestiva l'idea di costruire un dispositivo per la registrazione diretta dei cicli su di un opportuno schermo, di costruire cioè un « isteresigrafo ».

Già verso la fine del secolo scorso l'Ewing (1) propose un tale dispositivo; in seguito altri autori indicarono altre soluzioni del problema in numero abbastanza rilevante, per quanto spesso attuate in unico esemplare.

2. - PARTI COSTITUTIVE FONDAMENTALI. — Gli isteresigrafi possono, in linea di massima, essere ricondotti ad un unico schema fondamentale (fig. 1).

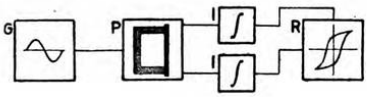


Fig. 1

Fig. 1. — Schema fondamentale di un isteresigrafo.

Un generatore G di corrente alternata, che può essere un alternatore o, per frequenze molto basse, una batteria di accumulatori seguita da un doppio potenziometro a spazzole rotanti, alimenta un dispositivo portaprovino per misure di permeabilità, cioè un permeametro P; questo è munito di opportuni elementi sensibili al campo magnetico $\mathcal{H}$ ed alla induzione $\mathcal{B}$ (od alla intensità di magnetizzazione $\mathcal{J}$) oppure, più spesso, alle loro derivate rispetto al tempo $d\mathcal{H}/dt$ $d\mathcal{B}/dt$ (o $d\mathcal{J}/dt$); tali elementi comandano o direttamente oppure, nel secondo caso, attraverso uno o due dispositivi integratori I I, un registratore R a due coordinate rettangolari (1), il quale traccia il ciclo percorso dal provino.

Come è ovvio, questa distinzione schematica delle varie parti non è sempre possibile in modo completo; spesso anche come isteresigrafo si intende soltanto l'insieme degli integratori e del registratore.

(1) Un tale apparecchio non ha ancora denominazione definita: si potrebbe chiamare, per esempio, « oscillografo per cicli » o « ciclo-oscillografo », per quanto le curve che esso traccia non siano necessariamente cicli.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

3. - GENERATORI. — Si è accennato al fatto che essi devono produrre frequenze molto basse, ciò in vista dell'effetto che le correnti parassite producono sul ciclo di isteresi; è noto infatti (fig. 2) che detto effetto può rappresentarsi sommando all'ordinario ciclo di isteresi P, nella direzione parallela all'asse $\mathcal{H}$, una ellisse Q di area corrispondente alle perdite per correnti parassite per ciclo; il ciclo risultante R che, seguendo una recente proposta (23), verrà denominato « ciclo di perdita », differisce dal ciclo di isteresi specialmente in prossimità del campo coercitivo; tale differenza, come è noto, dipende dalla frequenza, dalla resistività e dallo spessore di laminazione del materiale, dal valore massimo dell'induzione e dalla forma del ciclo.

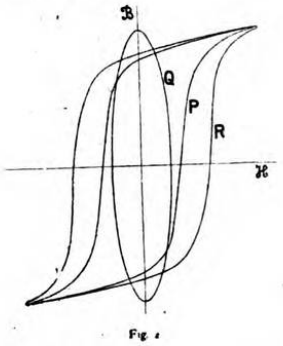


Fig. 2. — Effetto delle correnti parassite sul ciclo di isteresi.

Il ciclo di perdita è di scarsa importanza, perchè in esso solo l'area ha un significato utile in pratica; non si può da esso derivare nè l'induzione residua nè il campo coercitivo, perciò gli isteresigrafi che rilevano cicli di perdita alquanto diversi dai corrispondenti cicli di isteresi sono da ritenere come strumenti per indicazioni qualitative o per scopi speciali.

Conseguentemente gli isteresigrafi si possono dividere in due categorie:

G.1: Isteresigrafi *per frequenze bassissime* (0,01÷1 Hz); tracciano il ciclo di isteresi ed usano un generatore che di solito è costituito da un accumulatore seguito da doppio potenziometro a filo o a liquido.

G.2: Isteresigrafi *per frequenze basse* (10÷100 ed anche oltre fino a 1000 Hz); tracciano cicli di perdita apprezzabilmente diversi dai corrispondenti cicli di pura isteresi; usano di solito, come generatore, un ordinario alternatore.

4. - GENERATORI PER CORRENTI ALTERNATE A BASSISSIMA FREQUENZA. — Gli ordinari alternatori, fatti girare a velocità ridottissima ed a piena eccitazione, possono servire per ottenere tensioni a bassissima frequenza adatte per alimentare isteresigrafi fino a circa 1 Hz; per frequenze ancora più basse, onde avere sufficienti tensioni e limitate cadute ohmiche interne, diventerebbero necessarie dimensioni proibitive della macchina; in ogni caso l'alternatore rappresenta una soluzione poco conveniente del problema.

Anche i generatori di bassissime frequenze recentemente costruiti a mezzo di tubi elettronici, non si prestano per questa applicazione, dato che dovrebbero fornire basse tensioni e correnti relativamente intense.

Il generatore più pratico e conveniente per frequenze bassissime e potenze non superiori a qualche centinaio di watt è il doppio potenziometro a contatti rotanti; esso è costruito in due varietà principali: a liquido ed a filo.

I doppi potenziometri a liquido (26; 27; 29) sono i più antichi (1); constano di un recipiente ripieno di elettrolita in cui pescano quattro elettrodi: due fissi alimentati da una sorgente di tensione continua (accumulatori o pile) e due rotanti in modo tale da passare alternativamente in prossimità dei due elettrodi fissi; la corrente alternata viene prelevata dai due elettrodi rotanti a mezzo di una coppia di anelli e spazzole; la frequenza della corrente è ovviamente uguale al numero di giri nell'unità di tempo degli elettrodi mobili e può essere comunque bassa.

I doppi potenziometri a liquido hanno caratteristiche di notevole adattabilità alle varie condizioni di funzionamento, permettono di ottenere curve di correnti di uscita variabili con relativa facilità, modificando la forma degli elettrodi ed eventualmente interponendo diaframmi isolanti per guidare i percorsi delle linee di corrente nell'interno dell'elettrolita.

Una forma conveniente di doppio potenziometro a liquido (fig. 3) fa uso di due elettrodi fissi cilindrici $A\,A$ e di due elettrodi mobili $B\,B$ pure cilindrici e concentrici ai precedenti; due diaframmi isolanti $D\,D$ ed un cilindro centrale isolante C, che ha anche la funzione di sostegno degli elettrodi mobili guidano le linee di corrente in modo tale che mediamente risultino di bassa resistenza i percorsi fra elettrodi fissi e mobili rispetto ai percorsi fra l'uno e l'altro degli elettrodi fissi.

Si ottiene in tal modo un rendimento elevato (fino a circa 0,7); con opportuno proporzionamento (29) può anche essere ottenuta una forma d'onda con particolari caratteristiche, naturalmente per determinate condizioni di carico.

Come materiali possono usarsi elettrodi di zinco in soluzione di solfato di zinco (1); rame in solfato di rame (26; 29); ferro in idrato sodico (13); ferro in acido solforico diluito (27); è opportuno invertire periodicamente i collegamenti fra batteria ed elettrodi fissi onde eguagliare il trasporto ed il consumo di materiale degli elettrodi stessi; la quantità di elettrolita presente è bene sia abbondante per limitarne il riscaldamento ed aumentare così la potenza trasformabile.

I doppi potenziometri a filo sono costituiti (24) da un sostegno toroidale in materiale isolante che porta avvolto un filo di lega per resistenze; il filo è alimentato in due punti diametralmente opposti da una batteria di accumulatori; la corrente alternata viene prelevata da due spazzole ruotanti, diametralmente opposte, che poggiano sull'avvolgimento, e viene inviata al carico a mezzo di una coppia di anelli collettori e spazzole.

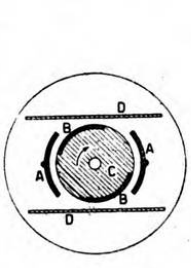


Fig. 3

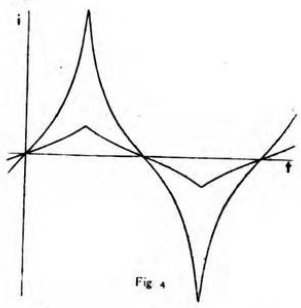


Fig. 4

Fig. 3. — Doppio potenziometro a liquido.

Fig. 4. — Forme d'onda della corrente fornita da un doppio potenziometro a filo.

I doppi potenziometri a filo, che sono più comodi di uso e manutenzione, non consentono regolazioni della forma d'onda, a meno che non si accettino complicazioni varie (30); in ogni caso il potenziometro, una volta costruito, non è più ulteriormente regolabile; il rendi-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mento è sempre notevolmente più basso di quelli a liquido, dato che può di poco superare il valore 0,2 (2).

La forma d'onda della corrente fornita da un doppio potenziometro a filo, avvolto uniformemente, ha una forma (fig. 4) triangolare tanto più appuntita quanto più elevato ne è il valore massimo; si noti che, contrariamente a quanto si potrebbe pensare a tutta prima, questa forma è particolarmente conveniente per l'alimentazione di isteresigrafi; infatti di solito in essi è desiderabile un andamento sinusoidale della $\mathcal{B}$ il che corrisponde, entro certi limiti, ad un andamento di $\mathcal{H}$ più prossimo alla detta forma appuntita che non a quella sinusoidale.

Si deve inoltre tenere presente che spesso il passaggio delle spazzole sui successivi fili produce delle piccole irregolarità che non si hanno invece coi potenziometri a liquido.

5. - PERMEAMETRI. — Il permeametro, che serve a portare il provino del materiale da esaminare, può essere atto a misure magnetometriche oppure flussometriche; nel primo caso il suo circuito magnetico sarà parzialmente in aria; nel secondo caso sarà quasi sempre tutto in materiale ferromagnetico e munito di secondari per la misura di $\mathcal{B}$ ed eventualmente anche di secondari, non concatenati con il materiale ferromagnetico, per la misura di $\mathcal{H}$.

Corrispondentemente gli isteresigrafi potranno dividersi nelle seguenti categorie:

P.1: Isteresigrafi con permeametro *per misure magnetometriche*, a circuito magnetico parzialmente in aria.

P.2: Isteresigrafi con permeametro *per misure flussometriche*, a circuito magnetico completamente in materiale ferromagnetico:

P.2.1: con *toro e permeametri tipo Hopkinson*, in cui $\mathcal{H}$ si misura in base alla corrente magnetizzante (in modo esatto per il toro ed approssimato per i permeametri tipo Hopkinson);

P.2.2: con *permeametri tipo Fahy*, in cui $\mathcal{H}$ è misurato da un tensiometro adiacente al provino.

Non sono stati finora costruiti, per evidenti difficoltà, isteresigrafi atti a funzionare con permeametri compensati.

6. - INTEGRATORI. — I permeametri magnetometrici (P.1) utilizzano direttamente forze ponderomotrici proporzionali a $\mathcal{B}$ o ad $\mathcal{H}$, non necessitano quindi di dispositivi integratori; i permeametri flussometrici (P.2) utilizzano la forza elettromotrice indotta in un avvolgimento concatenato oppure non concatenato con il provino per la misura di $\mathcal{B}$; o, rispettivamente, di $\mathcal{H}$ poichè tali f.e.m. indotte sono proporzionali rispettivamente a $d\mathcal{B}/dt$ ed a $d\mathcal{H}/dt$, occorreranno uno (coi permeametri P.2.1) o due (coi permeametri P.2.2) integratori per ricavare valori proporzionali a $\mathcal{B}$ e ad $\mathcal{H}$.

In base ai dispositivi integratori possono considerarsi:

I.1: Isteresigrafi con *integratori elettromeccanici*:

I.1.1: con *flussometro*, adatti per bassissime frequenze;

I.1.2: con *raddrizzatore meccanico e strumento a valore medio*; adatti per le basse frequenze e, con opportuni adattamenti, anche per le bassissime.

I.2: Isteresigrafi con *integratori elettrici*; adatti solo per basse frequenze:

I.2.1: con integrazione *a tensione*;

I.2.2: con integrazione *a corrente*.

(2) Il rendimento del potenziometro a filo dipende dal rapporto ζ fra la resistenza del carico esterno e quella propria del potenziometro; trascurando le cadute nella batteria si ha che il rendimento massimo è di 0,213 per $\zeta = 0{,}0435$, inoltre il rendimento resta $> 0{,}2$ per $\zeta = 0{,}015 \div 0{,}095$.

Il dispositivo integratore è quello che più spiccatamente caratterizza un isteresigrafo; nelle parti riguardanti i singoli isteresigrafi essi verranno quindi più minutamente descritti.

7. - REGISTRATORI. — Devono avere la possibilità di tracciare diagrammi in un piano secondo coordinate cartesiane; la registrazione avviene nella maggior parte dei casi per mezzo di una traccia luminosa su lastra o carta fotografica, raramente con penna scrivente su carta; spesso (oscillografo catodico) è prevista la sola osservazione del ciclo, ma è evidentemente semplice la possibilità di registrazione a mezzo di macchina fotografica.

Gli isteresigrafi si possono classificare come segue dal punto di vista del dispositivo registratore:

R.1: Isteresigrafi con *oscillografo catodico*.

R.2: Isteresigrafi con dispositivo a *raggio luminoso riflesso*:

R.2.1: a *due specchi* dotati di rotazioni intorno a due diversi assi, di solito ortogonali;

R.2.2: ad *uno specchio dotato di entrambe le rotazioni*;

R.2.3: ad *uno specchio dotato di rotazione* intorno ad un solo asse, mentre l'*altro moto* viene comunicato *allo schermo* sensibile.

R.3: Isteresigrafi con dispositivo *registratore completamente meccanico*.

8. - DISPOSIZIONE OTTICA DEI REGISTRATORI A SPECCHI. — I sistemi ottici devono fornire sullo schermo una traccia per quanto possibile di dimensioni limitate e di elevata luminosità; la prima condizione viene soddisfatta ottenendo sullo schermo una immagine impicciolita di un opportuno diaframma; la seconda condizione presenta qualche difficoltà ad essere ottenuta (3), però dato che il ciclo può essere ripercorso un numero indefinito di volte in modo da ottenere un sufficiente annerimento della carta fotografica, questa seconda condizione viene alquanto sacrificata alla prima.

Il progetto dei sistemi ottici (24; 28) viene di solito perciò fondato sulle due condizioni: *a*) sullo schermo deve formarsi una immagine reale, opportunamente impicciolita, del diaframma; *b*) l'immagine della sorgente luminosa deve cadere fra il primo e il secondo specchio, in modo da utilizzare il massimo flusso luminoso compatibile con l'apertura del diaframma e le distanze delle varie parti.

Varie disposizioni sono possibili: le più semplici (figg. 5, 6) richiedono un condensatore L_1 per la sorgente luminosa A ed un'altra lente convergente L_2 per ottenere l'immagine del diaframma D sullo schermo Z; la lente L_2 può essere sistemata fra il diaframma ed il primo specchio S_1 (fig. 5) oppure fra il secondo specchio S_2 e lo schermo (fig. 6).

Aggiungendo alle precedenti disposizioni una lente convergente L interposta a metà fra i due specchi S_1 ed S_2 e di distanza focale uguale ad un quarto della distanza fra i due specchi stessi (28) (fig. 7) si ottiene il vantaggio che non è necessario che S_2 sia maggiore di S_1 per contenere il raggio anche quando esso viene deviato dalla posizione di riposo; inoltre vengono ridotte le distorsioni del ciclo poichè il raggio luminoso proveniente da S_1 e rifratto da L cade sempre sullo stesso punto di S_2, naturalmente con incidenze diverse secondo l'orientamento di S_1.

Nei dispositivi a due specchi (R.2.1) particolare considerazione richiedono le sistemazioni relative dei due specchi e le direzioni dei tre tratti in cui risulta diviso l'asse ottico del sistema.

La disposizione (16) (fig. 8) in cui i tre tratti di rag-

(3) Si noti che la luminosità ottenibile è molto più scarsa di quella degli ordinari oscillografi per la necessità di uso di un'ottica sferica anzichè cilindrica.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

gio luminoso sono paralleli a tre rette ortogonali nello spazio è quella preferibile, spesso però non è realizzabile perchè richiede un angolo di oltre un quadrante libero davanti agli specchi e questo è difficilmente ottenibile

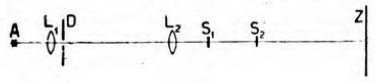


Fig. 5

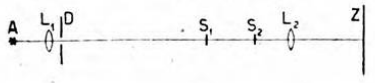


Fig. 6

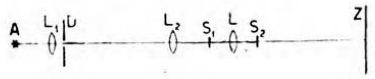


Fig. 7

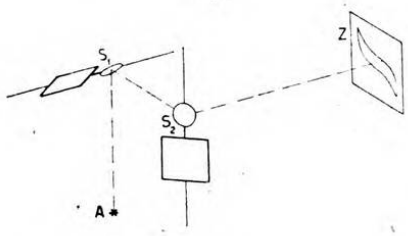


Fig. 8

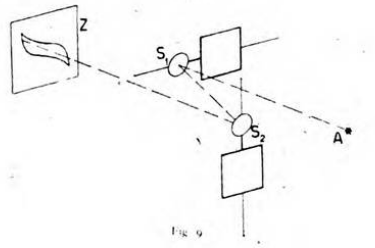


Fig. 9

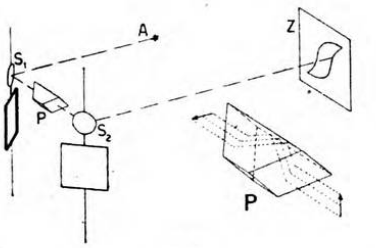


Fig. 10

Fig. 5. — Disposizione ottica per registratori a due coordinate; lente fra diaframma e primo specchio.

Fig. 6. — Disposizione ottica per registratori a due coordinate; lente fra secondo specchio e schermo.

Fig. 7. — Disposizione ottica per registratori a due coordinate; lente aggiuntiva fra primo e secondo specchio.

Fig. 8. — Percorso nello spazio del raggio luminoso di un registratore a due specchi; tratti di raggio ortogonali.

Fig. 9. — Percorso nello spazio del raggio luminoso di un registratore a due specchi; tratti di raggio quasi sovrapposti.

Fig. 10. — Percorso nello spazio del raggio luminoso di un registratore a due specchi con prisma invertitore.

non usando elementi appositamente costruiti; una seconda soluzione (24) (fig. 9) consiste nel fare quasi sovrapposti i tre tratti di raggio; la sovrapposizione non è evidentemente possibile in modo esatto, anzi è di solito molto male approssimata, ne nascono quindi distorsioni del ciclo.

Una terza ottima soluzione (25) (fig. 10), che però ha pure l'inconveniente di richiedere un angolo di oltre un quadrante libero davanti agli specchi, è quella che fa uso di due specchi mobili entrambi intorno ad assi verticali ed interpone fra i due un prisma P con base a trapezio isoscele e con l'asse inclinato di $\pi/4$ rad rispetto agli assi di rotazione degli specchi; questo provvede a trasformare l'oscillazione in un piano orizzontale data dal primo specchio, in oscillazione in un piano verticale.

Se vi è poco spazio libero davanti agli specchi si può pure fare uso del prisma invertitore, però si ricade nell'inconveniente della disposizione a raggi quasi sovrapposti.

Le distorsioni del ciclo possono provenire da due cause distinte: da posizione non corretta inizialmente dei tratti di raggio (fig. 9) e da eccessivo angolo di deviazione degli specchi, tale da rendere illecita l'uguaglianza fra arco e sua tangente; questi ultimi errori si trovano in tutti i sistemi ottici e possono essere limitati contenendo opportunamente la deviazione degli specchi; i primi sono caratteristici di alcuni sistemi e possono venire previsti con laboriose applicazioni di trigonometria sferica (24).

TIPI PARTICOLARI DI ISTERESIGRAFI

9. - ISTERESIGRAFI MAGNETOMETRICI. — Sono i tipi più vecchi di isteresigrafi.

L'isteresigrafo Ewing (1) (fig. 11) è così composto: una batteria A, attraverso un doppio potenziometro a liquido B, alimenta l'avvolgimento magnetizzante di uno speciale permeametro C in serie con un filo D teso nel traferro di un elettromagnete F; una seconda batteria E alimenta con corrente costante l'eccitazione del predetto elettromagnete F in serie con un filo G che si trova nel traferro del permeametro C.

I due fili D e G sono soggetti ad azioni elettrodinamiche proporzionali, per il primo, all'intensità della corrente magnetizzante e, per il secondo, all'induzione nel traferro del permeametro; i due fili sono collegati meccanicamente con uno specchietto H in modo da conferirgli due moti intorno a due assi ortogonali; un raggio di luce che venga riflesso dallo specchio può quindi tracciare un ciclo su un foglio di carta fotografica L.

Questo tipo di isteresigrafo si presta ad una costruzione particolarmente semplice e compatta.

Altri isteresigrafi magnetometrici (6; 10; 11) possono essere ricondotti al principio proposto dal Fleming di usare un ago o barretta magnetizzata come elemento sensibile; nella disposizione Lori (11) (fig. 12) l'ago magnetico NS, munito di specchietto, è mantenuto in posizione verticale da una molla A e può ruotare intorno ad un asse orizzontale dentro un piccolo telaio B; questo viene fatto ruotare intorno ad un asse verticale da una sospensione bifilare C percorsa dalla corrente magnetizzante e disposta nel campo di un magnete permanente D.

L'ago magnetico viene disposto in modo da essere influenzato dalla induzione $\mathcal{B}$ o dalla intensità di magnetizzazione $\mathcal{J}$; sono notevoli due disposizioni: nella prima (fig. 13) il provino è a forma di toro con un traferro di dimensioni per quanto possibile piccole in cui trova posto un polo dell'ago magnetico dell'isteresigrafo; nella seconda (fig. 14) il provino è a forma di lunga sbarra la cui estremità è posta in prossimità di uno dei poli dell'ago, mentre l'altro polo è influenzato da un solenoide di eguali dimensioni di quello magnetizzante e di polarità opposta in modo che le sole azioni sull'ago magne-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tico siano quelle dovute alle masse libere alla estremità della sbarra.

Altri isteresigrafi magnetometrici utilizzano come registratore l'oscillografo a raggi catodici; è classica la disposizione proposta dal Corbino (2) e da altri ripresa e variata (3; 5; 17); in essa (fig. 15) il sistema di deviazione dell'oscillografo è magnetico; secondo l'asse delle

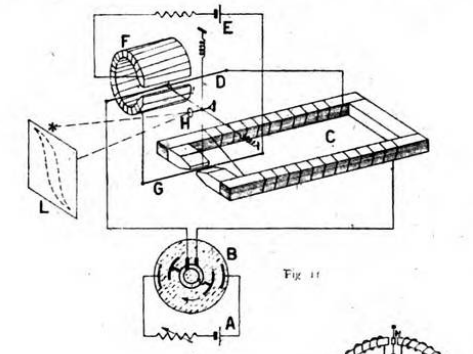


Fig. 11

Fig. 13

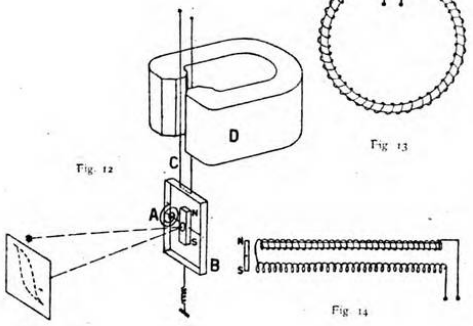


Fig. 12

Fig. 14

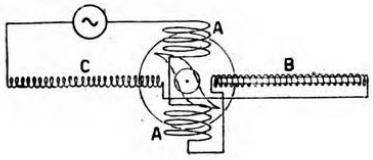


Fig. 15

Fig. 11. — Isteresigrafo magnetometrico a fili.

Fig. 12. — Isteresigrafo magnetometrico a barretta magnetica.

Fig. 13. — Disposizione di provino a toro per isteresigrafo a barretta magnetica.

Fig. 14. — Disposizione di provino a lunga sbarra per isteresigrafo a barretta magnetica.

Fig. 15. — Isteresigrafo magnetometrico ad oscillografo catodico.

ascisse la deviazione è prodotta da una coppia di bobine *A A* percorse dalla corrente magnetizzante; il provino, contenuto nel solenoide magnetizzante *B*, è a forma di lunga sbarra ed una sua estremità produce la deviazione secondo l'asse delle ordinate; il campo dovuto al solenoide magnetizzante è compensato con una bobina *C* uguale e connessa in opposizione disposta dall'altra parte del tubo.

Altri (17) dispongono il tubo oscillografico nel traferro di un provino a forma di *c*; in questo caso è opportuno l'uso di tubi a collo stretto, più comuni nelle vecchie costruzioni.

Riguardo alla frequenza di impiego, tutti questi isteresigrafi possono funzionare a frequenze bassissime; se eventualmente interessa la registrazione di cicli di perdita, frequenze di una decina di hertz possono essere raggiunte dal tipo Ewing e praticamente non vi è limite per quelli che usano l'oscillografo catodico.

Gli appunti che si possono fare agli isteresigrafi magnetometrici sono ovvi e dipendono dall'esistenza di traferri e relative masse libere del cui campo smagnetizzante gli apparecchi non tengono conto automaticamente; preferibile sotto questo riguardo è notoriamente l'uso di un provino a forma di lunga sbarra, purchè effettivamente le dimensioni trasversali del provino siano molto piccole rispetto alla sua lunghezza, sopratutto in relazione alla permeabilità del materiale che lo costituisce.

10. - IL FLUSSOMETRO COME DISPOSITIVO INTEGRATORE DI TENSIONI ALTERNATIVE. — È noto che il « flussometro » (4) è un galvanometro a bobina mobile in cui il rapporto fra resistenza critica e resistenza interna è il più elevato possibile.

Occorre fare alcune precisazioni onde chiarire il concetto precedente; anzitutto quando si tratterà di resistenza critica o generica del circuito del galvanometro si intenderà quella complessiva interna ed esterna del galvanometro e circuito ad esso collegato; inoltre si farà distinzione fra la resistenza effettiva R' e la resistenza equivalente R del circuito del galvanometro, intendendo con quest'ultima un valore di resistenza tale da rappresentare tutte le cause di smorzamento considerandole come dovute al solo smorzamento elettromagnetico del circuito del galvanometro.

Le cause accessorie di smorzamento (aria, correnti parassite, avvolgimenti ausiliari in corto circuito, ecc.) possono immaginarsi dovute ad una resistenza R_* (resistenza equivalente del circuito del galvanometro a circuito aperto) che è messa in parallelo con la resistenza effettiva generica R' in modo che è:

$$R = \frac{R' \cdot R_*}{R' + R_*}$$

Indicando con R_c ed R_c' le resistenze equivalente ed effettiva allo smorzamento critico e con g e g' le resistenze equivalente ed effettiva del galvanometro in corto circuito, si possono definire i rapporti di smorzamento u ed u' in condizioni generiche:

$$u = R_c/R \qquad u' = R'_c/R'$$

ed i valori massimi di detti rapporti, corrispondenti al galvanometro chiuso in corto circuito:

$$u_{max} = R_c/g \qquad u'_{max} = R'_c/g'$$

il rapporto u_{max}, per ordinari galvanometri flussometrici, ha un valore di 20÷100 circa.

È di notevole importanza la accennata distinzione fra i valori effettivi ed equivalenti delle resistenze; infatti si dà non di rado il caso di galvanometri fortemente smorzati a circuito aperto; in questo caso, nel campo di funzionamento flussometrico, il rapporto u è notevolmente inferiore ad u'; se si indica lo smorzamento a circuito aperto con $u_* = R_c/R_*$, la relazione fra u ed u' è la

(4) Il flussometro di cui qui si tratta è qualcosa di più del flussometro ordinario; in quest'ultimo si richiede che sia di piccolo valore il coefficiente D di proporzionalità della coppia direttrice, nel primo deve essere piccolo anche il momento di inerzia J.

Il flussometro a piccolo D serve per integrare impulsi di durata limitata; il flussometro a piccoli D e J serve per ottenere funzioni integrali indefinite; si potrebbero rispettivamente denominare « flussometro per impulsi » e « flussometro per funzioni integrali ».

Biblioteca nazionale centrale di Roma

seguente:

$$u' = \frac{u - u_*}{1 - u_*},$$

da cui può dedursi che per $u > 1$ si ha $u' > u$.

Poichè, come si vedrà, il funzionamento del flussometro è tanto migliore quanto più elevato è u, così in questo caso si sarebbe indotti ad una valutazione ottimistica delle proprietà dello strumento; ciò sembra sia ben noto ai costruttori di galvanometri che si guardano bene nei loro cataloghi dall'accennare minimamente allo smorzamento in circuito aperto dei loro apparecchi.

Dalla equazione generale del moto del galvanometro a bobina mobile si deduce che per il caso del flussometro (moto aperiodico) la posizione angolare ϑ dell'indice in funzione del tempo t è data dalla seguente espressione:

$$\vartheta = \frac{\omega_0}{2 \varkappa_A R' \sqrt{u^2 - 1}} \left(\exp\left(-u + \sqrt{u^2 - 1}\right) \omega_0 t \cdot \int_0^t \exp\left(+u - \sqrt{u^2 - 1}\right) \omega_0 t \cdot v(t) \cdot dt - \exp\left(-u + \sqrt{u^2 - 1}\right) \omega_0 t \cdot \int_0^t \exp\left(+u + \sqrt{u^2 - 1}\right) \omega_0 t \cdot v(t) \cdot dt \right)$$

nella quale si è supposto che al tempo $t = 0$ siano nulli lo spostamento e la velocità dell'indice ed i simboli indicano: ω_0 la pulsazione propria a smorzamento nullo ($u = 0$); $\varkappa_A$ la costante reometrica; R' resistenza effettiva totale del circuito; u rapporto di smorzamento equivalente; $v(t)$ tensione applicata al circuito dello strumento.

La tensione $v(t)$ è, nel caso degli isteresigrafi, una tensione alternativa di frequenza fondamentale bassissima; potrà venire espressa in una serie di Fourier della forma:

$$v(t) = \sum_1^\infty{}_k V_k \operatorname{sen}(k \omega t + \varphi_k).$$

Sostituendo la $v(t)$ nel precedente integrale, si può trovare la variazione della deviazione del flussometro col tempo; particolarmente interessanti sono le condizioni a regime, cioè teoricamente per $t = \infty$; come è prevedibile, si trova che il moto del flussometro è pure esprimibile con una serie di Fourier di termini di ugual frequenza di quelli che compongono la $v(t)$; più precisamente si ha:

$$\vartheta = \sum_1^\infty{}_k \frac{V_k}{2 \varkappa_A R' \sqrt{u^2 - 1}} \left[\left(\frac{u - \sqrt{u^2 - 1}}{(u - \sqrt{u^2 - 1})^2 + \left(\frac{k\omega}{\omega_0}\right)^2} - \frac{u + \sqrt{u^2 - 1}}{(u + \sqrt{u^2 - 1})^2 + \left(\frac{k\omega}{\omega_0}\right)^2} \right) \operatorname{sen}(k \omega t + \varphi_k) - \left(\frac{\frac{k\omega}{\omega_0}}{(u - \sqrt{u^2 - 1})^2 + \left(\frac{k\omega}{\omega_0}\right)^2} - \frac{\frac{k\omega}{\omega_0}}{(u + \sqrt{u^2 - 1})^2 + \left(\frac{k\omega}{\omega_0}\right)^2} \right) \cos(k \omega t + \varphi_k) \right]$$

se u è molto grande si ha:

$$u - \sqrt{u^2 - 1} \approx \frac{1}{2u} \quad \text{e} \quad u + \sqrt{u^2 - 1} \approx 2u$$

(errore relativo $< 0{,}01$ per $u > 5$) e quindi:

$$\vartheta = \sum_1^\infty{}_k \frac{V_k}{2 \varkappa_A R' u} \left[\left(\frac{\frac{1}{2u}}{\frac{1}{4u^2} + \frac{k^2\omega^2}{\omega_0^2}} - \frac{2u}{4u^2 + \frac{k^2\omega^2}{\omega_0^2}} \right) \operatorname{sen}(k \omega t + \varphi_k) - \left(\frac{\frac{k\omega}{\omega_0}}{\frac{1}{4u^2} + \frac{k^2\omega^2}{\omega_0^2}} - \frac{\frac{k\omega}{\omega_0}}{4u^2 + \frac{k^2\omega^2}{\omega_0^2}} \right) \cos(k \omega t + \varphi_k) \right] \quad [1]$$

per $u = \infty$ la precedente espressione si semplifica e si riduce ad una sola serie di termini contenenti il coseno dell'angolo $(k\omega t + \varphi_k)$ che sono di ampiezza inversamente proporzionale a $-k\omega$:

$$\vartheta = \sum_1^\infty{}_k \frac{1}{C} \left(-\frac{V_k}{k\omega} \cos(k \omega t + \varphi_k) \right) = -\frac{1}{C} \int^t v(t) \cdot dt$$

dove C è il coefficiente di proporzionalità fra corrente e coppia deviatrice.

Quest'ultima espressione conferma che in uno strumento a bobina mobile in cui si possa fare $u = \infty$ (cioè coppia direttrice nulla e momento d'inerzia nullo) indica esattamente l'integrale della tensione ad esso applicata; in pratica la detta condizione è raggiungibile solo per approssimazione, quindi in base alla formula [1] si possono determinare gli errori di fase e di ampiezza che lo strumento compie per il fatto di possedere un determinato u finito.

Il diagramma (fig. 16) riporta gli errori relativi di ampiezza e gli errori di fase in radianti in funzione del rapporto $k\omega/\omega_0$ per vari valori del rapporto u, in coordinate semilogaritmiche.

Si osserva che l'errore relativo di ampiezza è sempre negativo, ha valore assoluto minimo in corrispondenza della frequenza propria a vuoto del galvanometro ($k\omega = \omega_0$) ed è rappresentato da curve simmetriche rispetto alla retta $k\omega/\omega_0 = 1$.

A sua volta l'errore di fase è tale che l'indicazione del galvanometro è in anticipo rispetto all'integrale della

Biblioteca nazionale centrale di Roma

$v(t)$ per frequenze più basse e in ritardo per frequenze più alte di quella del galvanometro (5); l'errore di fase è quindi nullo in corrispondenza della frequenza propria a vuoto del galvanometro; le curve di errore risultano simmetriche rispetto al punto ($k\omega/\omega_0 = 1$, 0).

L'andamento degli errori si può concepire fisicamente in modo molto semplice: per frequenze basse ha effetto più notevole la coppia direttrice che tende a diminuire la deviazione del galvanometro portandola in fase con la $v(t)$; per frequenze alte ha effetto più notevole il momento di inerzia esso pure tendente a diminuire la deviazione, portandola in opposizione rispetto a $v(t)$.

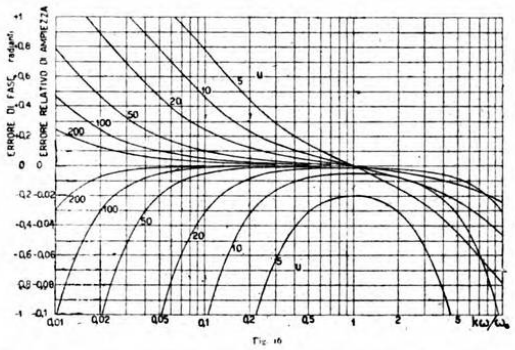


Fig. 16. — Errori di ampiezza e fase negli integratori a flussometro.

In ogni caso è opportuno che la pulsazione fondamentale ω cada intorno al minimo di errore o, meglio, ne sia più bassa in modo da ottenere una buona risposta anche per le prime armoniche; questo porta come conseguenza che, per i normali galvanometri di tipo flussometrico con periodo proprio di 5÷20 secondi, sono necessarie frequenze di alimentazione dell'ordine di 0,01 hertz; poichè la frequenza di alimentazione molto bassa produce maggiori difficoltà per il mantenimento della necessaria stabilità dei circuiti, sono preferibili, a parità di sensibilità e smorzamento, i flussometri a breve periodo.

L'errore di ampiezza resta molto limitato, mentre l'errore di fase diviene notevole non appena ci si discosta da $k\omega/\omega_0 = 1$; in pratica può ritenersi come massimo tollerabile un errore di fase di circa 0,1 rad, preferibile è però restarne alquanto al disotto; possono quindi dedursi dal diagramma (fig. 16) i valori di u e di $k\omega/\omega_0$ compatibili con questo errore.

Il diagramma riportato permetterebbe anche di correggere una determinata curva integrale (mediante: analisi armonica, correzione delle armoniche singole, sintesi armonica), ma un isteresigrafo che necessitasse questa operazione fallirebbe completamente il suo scopo.

11. - TIPI VARI DI ISTERESIGRAFI CHE USANO IL FLUSSOMETRO COME INTEGRATORE. — La soluzione più ovvia e più antica di isteresigrafo flussometrico è quella proposta dal Lehde (13); essa fa uso di un flussometro per la integrazione dei valori istantanei di $d\mathcal{B}\,dt$ e di un equipaggio ampermetrico od oscillografico (24) a specchio per il tracciamento dei valori istantanei di $\mathcal{H}$.

Schematicamente (fig. 17) la disposizione è la seguente: la corrente fornita dal doppio potenziometro A percorre l'avvolgimento magnetizzante di un toro B (o permeametro tipo Hopkinson) e l'equipaggio oscillografico C; il flussometro D è direttamente collegato al secondario del toro; un raggio di luce viene successivamente riflesso dai due specchi dell'oscillografo e del flussometro e va a cadere su uno schermo di carta fotografica E.

Le disposizioni relative dei tratti di raggio luminoso possono essere varie come già si è visto (figg. 8; 9; 10); in particolare è notevole quella che fa uso del prisma invertitore (fig. 10), poichè con essa si può fare uso di due equipaggi entrambi flussometrici (difficili a costruirsi con perni ed asse orizzontale) in modo da costruire un isteresigrafo (18) adatto ad essere impiegato con permeametri (tipo P.2.2) che usano un tensiometro per la misura di $\mathcal{H}$ e richiedono quindi due integratori, in questo caso due flussometri.

Per ridurre le complicazioni derivanti dalla presenza di due specchi e relativi dispositivi ottici, sono stati attuati isteresigrafi (14; 15) in cui uno dei moti, quello proporzionale ad $\mathcal{H}$, è comunicato allo schermo sensibile; la disposizione più usata (fig. 18) è quella in cui si collega meccanicamente un cilindro A, su cui è arrotolato il foglio di carta sensibile, al doppio potenziometro B che alimenta il permeametro C.

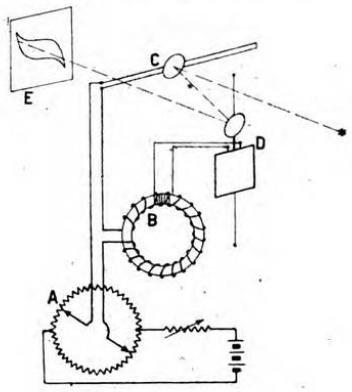


Fig. 17

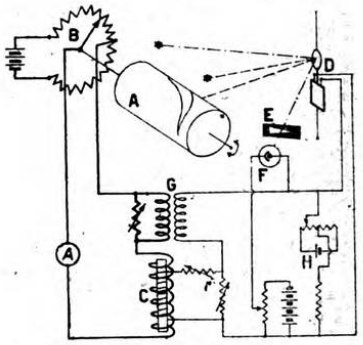


Fig. 18

Fig. 17. - Isteresigrafo con integratore a flussometro.

Fig. 18. - Isteresigrafo con integratore a flussometro e compensazione della coppia direttrice.

In questo caso il doppio potenziometro deve essere fornito di spazzole a moto rotatorio alternativo e non continuo; le ascisse del ciclo tracciato dipendono da $\mathcal{H}$, ma in modo non lineare e inoltre dipendente dal carico assorbito dal potenziometro, in modo che occorre fare una completa taratura dell'asse delle ascisse per ogni valore di campo massimo.

Questi inconvenienti si potrebbero eliminare (non risulta però che un tale sistema sia ancora stato attuato)

(5) L'anticipo e il ritardo rispetto all'$\int^t v(t)dt$ rappresentano reciprocamente ritardi ed anticipi rispetto al flusso $q(t) = -\int^t v(t)dt$.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

usando per comandare il cilindro un equipaggio amperometrico percorso dalla corrente magnetizzante; naturalmente tale equipaggio dovrebbe essere proporzionato in modo da dare una coppia considerevole, sufficiente per lo speciale scopo.

Si può anche osservare che la disposizione a cilindro rotante è vantaggiosa per quanto riguarda la luminosità della traccia che può essere ottenuta a mezzo di una lente cilindrica anzichè sferica.

12. - L'ELIMINAZIONE DEGLI ERRORI DOVUTI ALLA COPPIA DIRETTRICE DEL FLUSSOMETRO. — Per poter ridurre gli errori propri del flussometro (fig. 16), per frequenze di registrazione sufficientemente basse per trascurare l'effetto del momento d'inerzia, si richiede che venga compensata la coppia direttrice del flussometro, già minima per costruzione.

Lo scopo può conseguirsi con la disposizione dell'Haworth (14) (fig. 18): lo specchietto del flussometro D devia un raggio luminoso, attraverso una fenditura E di opportuna sagoma, su di una cellula fotoelettrica F; la corrente di questa alimenta, in parallelo con la serie dei secondari di C e G e con il circuito H, la bobina del flussometro D; la sagoma della fenditura è tracciata in modo che l'equilibrio del flussometro sia indifferente in qualunque posizione; il circuito H composto di pila e potenziometro compensa le f.e.m. parassite ed una mutua induttanza G compensa il flusso in aria concatenato col secondario del permeametro C.

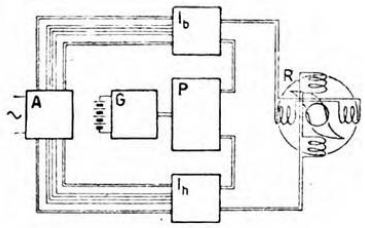


Fig. 19

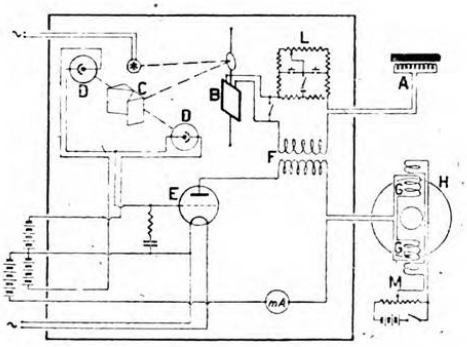


Fig. 20

Fig. 19. — Diposizione generale dell'isteresigrafo a « flussometri fotoelettrici ».

Fig. 20. — « Flussometro fotoelettrico ».

Un dispositivo fotoelettrico molto più complesso è quello dell'Edgar (20) (fig. 19); esso è applicabile a permeametri P dei tipi P.2.1 o P.2.2 (permeametro Gokhale, nella attuazione originale) ed usa come registratore R l'oscillografo catodico; caratteristici in esso sono i dispositivi integratori I_h e I_b denominati dal costruttore « flussometri fotoelettrici », che dispongono di un complesso ausiliario di alimentazione A.

Il « flussometro fotoelettrico » (fig. 20) viene pilotato dal secondario o dal tensiometro A del permeametro che è collegato ad un flussometro B; il raggio riflesso dallo specchietto di questo cade su un doppio prisma rettangolo isoscele C che divide il raggio in due parti in modo che due cellule fotoelettriche $D\,D$ risultino egualmente illuminate; le due cellule stabiliscono il potenziale di griglia di un triodo E; se il flussometro devia leggermente le due cellule fotoelettriche risultano diversamente illuminate in modo che detto potenziale di griglia e corrispondentemente anche la corrente anodica del triodo subiscono una variazione; questa dà luogo ad una f.e.m. indotta nel circuito del flussometro a mezzo della mutua di compensazione F in maniera tale che ne venga compensata la f.e.m. dovuta al tensiometro A.

Il sistema riprende quindi l'equilibrio con il flussometro spostato pochissimo dalla sua posizione iniziale, ma con la corrente anodica del tubo E variata apprezzabilmente in modo dipendente dall'integrale della f.e.m. dovuta ad A; questa corrente può servire quindi per pilotare, a mezzo di bobine $G\,G$, un asse di un oscillografo catodico H.

Sono necessari anche un complesso L per la messa a zero e compensazione delle f.e.m. parassite del flussometro ed uno M per la centratura della macchia oscillografica.

Questi dispositivi funzionano bene evidentemente se può essere garantita la stabilità dello zero del flussometro, cosa non sempre facile data la resistenza molto bassa del suo circuito e la complicazione del circuito stesso.

Ove fosse possibile garantire in modo assoluto la stabilità dello zero e la compensazione della coppia direttrice sarebbe possibile tracciare cicli asimmetrici riferiti ad uno zero noto di induzione; col dispositivo Edgar sono stati tracciati cicli asimmetrici i quali però non sono cicli propriamente detti, cioè a regime, ma semplicemente curve di ritorno, ottenute partendo da un ciclo simmetrico facendo variare una sola volta il campo fra due limiti asimmetrici.

13. - IL RADDRIZZATORE MECCANICO COME INTEGRATORE DI TENSIONI ALTERNATIVE. — Il raddrizzatore meccanico (6), che in tempi recenti ha ricevuto notevoli perfezionamenti ed applicazioni, può dare, in unione ad uno strumento a bobina mobile di sufficiente momento di inerzia e resistenza opportuna, una indicazione ϑ proporzionale all'integrale definito di una grandezza periodica $v(t)$ di pulsazione ω fra due istanti separati di mezzo periodo:

$$\vartheta = \frac{\omega}{2\,\pi\,\varkappa_A\,R'} \int_{\tau}^{\tau+\frac{T}{2}} v\,(t)\,dt \qquad [2]$$

Nel caso particolare (fig. 21) di tensioni indotte con sole armoniche dispari provenienti da cicli simmetrici, i due valori della funzione integrale alternativa (la sola che qui interessi) che per differenza danno il predetto integrale [2], sono uguali e contrari:

$$\int_{\tau}^{\tau+\frac{T}{2}} v\,(t)\,dt = -\int_{\tau}^{\tau} v\,(t)\,dt$$

e quindi l'indicazione dello strumento è anche esprimibile nel modo seguente:

$$\vartheta = \frac{\omega}{\pi\,\varkappa_A\,R'} \int_{\tau}^{\tau} v\,(t)\,dt$$

nella quale ultima espressione appare la funzione inte-

(6) Si è conservata questa denominazione, benchè particolarmente impropria in questo caso, perchè più comune; meglio forse sarebbe usare la denominazione « interruttore sincrono ».

Biblioteca nazionale centrale di Roma

grale desiderata non più in funzione del tempo t, ma di un'altra variabile τ che è la fase del variatore di fase che costituisce accessorio indispensabile del raddrizzatore.

Ovviamente variando τ di un intero periodo si otterranno tutti i valori dell'integrale cercato, cioè nel caso degli isteresigrafi tutti i valori di induzione corrispondenti ad un ciclo; risulta inoltre dalle ipotesi fatte che detto ciclo deve essere simmetrico.

La indipendenza fra il tempo t e la variabile τ porta la possibilità di usare registratori non rapidi essendo la frequenza di registrazione indipendente da quella con cui viene percorso il ciclo, però produce l'inconveniente che anche per la registrazione del campo $\mathcal{H}$ si rende necessaria una differenziazione seguita da integrazione per effettuare il cambio di variabile da t a τ; ciò può essere fatto in vari modi.

riguardo ha piccola importanza se l'apertura e la chiusura avvengono intorno agli zeri della $v(t)$ (fig. 21), mentre ha grande importanza se l'apertura e la chiusura sono intorno ai massimi della $v(t)$; conseguentemente un errore nella durata di chiusura dà luogo ad errori notevoli nell'intorno dell'induzione residua e del campo coercitivo dei cicli tracciati.

La frequenza con cui può funzionare il raddrizzatore meccanico va da pochi hertz fino ad oltre 100 hertz; inoltre il relativo strumento a bobina mobile non deve seguire i valori istantanei della tensione ad esso applicata, ma indicarne il valore medio; ne consegue che questi integratori si prestano per frequenze di alimentazione da 5÷10 Hz fino ad oltre 100 Hz; la frequenza di registrazione dovrà essere molto inferiore alla precedente (perchè se fosse con essa paragonabile non sarebbe più

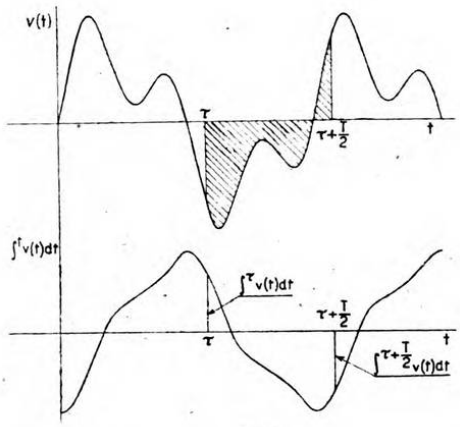


Fig. 21

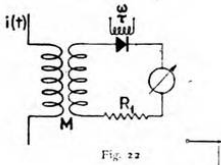


Fig. 22

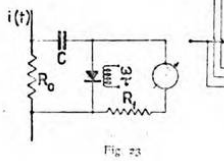


Fig. 23

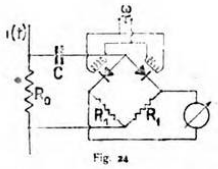


Fig. 24

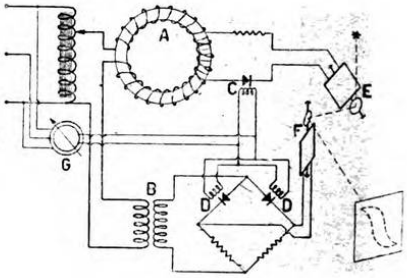


Fig. 25

Fig. 21. — Integrazione di una tensione a mezzo di raddrizzatore meccanico.

Fig. 22. — Dispositivo per differenziazione ed integrazione rispetto al tempo di una corrente; con mutua induzione e resistenza.

Fig. 23. — Dispositivo per differenziazione ed integrazione rispetto al tempo di una corrente; con derivatore e condensatore.

Fig. 24. — Dispositivo per differenziazione ed integrazione rispetto al tempo di una corrente; con derivatore, condensatore e ponte di raddrizzatori.

Fig. 25. — Isteresigrafo ad integratori a raddrizzatore meccanico.

Con una mutua induzione M chiusa su un circuito (fig. 22) di resistenza R_1 molto maggiore della reattanza induttiva secondaria di dispersione; l'indicazione dello strumento è data da:

$$\vartheta = \frac{\omega M}{\pi \varkappa_A R_1} i(\tau).$$

Con un derivatore R_0 con una capacità C ad un estremo (16) (fig. 23) chiusi su raddrizzatore in parallelo collo strumento a bobina mobile; si richiede che la reattanza di C sia molto maggiore di R_0 ed R_1, nonchè R_1 molto maggiore della resistenza interna del raddrizzatore; si ha:

$$\vartheta = \frac{\omega C R_0}{\pi \varkappa_A} i(\tau).$$

Una variante della disposizione precedente si può ottenere (19) (fig. 24) usando un circuito a ponte con due raddrizzatori eccitati in opposizione di fase; la reattanza di C deve essere molto maggiore di R_0 e di R_1; si ha:

$$\vartheta = \frac{2\omega C R_0}{\pi \varkappa_A} i(\tau).$$

È importante che la durata di chiusura dei raddrizzatori sia esattamente di mezzo periodo; un errore a questo esatta la durata di chiusura del raddrizzatore) di solito dell'ordine dei decimi o centesimi di hertz.

Teoricamente il metodo si presta anche per frequenze bassissime, però con alcune difficoltà; occorre infatti in questo caso asservire meccanicamente il raddrizzatore al generatore di tensione ed inoltre occorre fare uso di strumenti di valore medio di periodo proprio eccezionalmente lungo e di sensibilità molto elevata; in tale forma perciò il metodo non ha ancora ricevuto pratica attuazione.

14. - ISTERESIGRAFI AD INTERRUTTORE MECCANICO SINCRONO. — L'isteresigrafo Thal (16; 23) si compone (fig. 25) di un circuito alimentato a frequenza industriale comprendente il primario di un permeametro A (toro o tipo Hopkinson) e il primario della mutua differenziatrice B; i secondari dei due predetti elementi alimentano attraverso i raddrizzatori vibranti C e D D ed opportune resistenze addizionali, gli equipaggi a bobina mobile (del tipo a perni) E ed F di un registratore a due coordinate, il cui sistema ottico (fig. 8) produce su di una lastra fotografica il tracciato del ciclo.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

I raddrizzatori vibranti sono comandati, in fase od in opposizione fra loro, da un unico variatore di fase G munito di piccolo motore ad orologeria che lo fa girare lentamente in modo da percorrere l'intero ciclo.

L'isteresigrafo Geyger (21) è pure dotato di integratori a raddrizzatore meccanico funzionanti a frequenza industriale; esso traccia il ciclo a mezzo di penna e inchiostro su di un foglio di carta; tale particolare risultato è raggiunto a prezzo di una notevole macchinosità (fig. 26).

Similmente all'isteresigrafo precedentemente descritto, il primario del provino A è in serie col primario della mutua differenziatrice B; a mezzo di partitori C_h e C_b si preleva una parte delle tensioni secondarie, la corrente che da esse verrebbe fatta circolare attraverso ai raddrizzatori D_h e D_b viene compensata nel suo valore medio a mezzo di pile e potenziometri autoregolatori E_h ed E_b; la raggiunta compensazione viene rivelata dagli strumenti di valore medio F_h ed F_b.

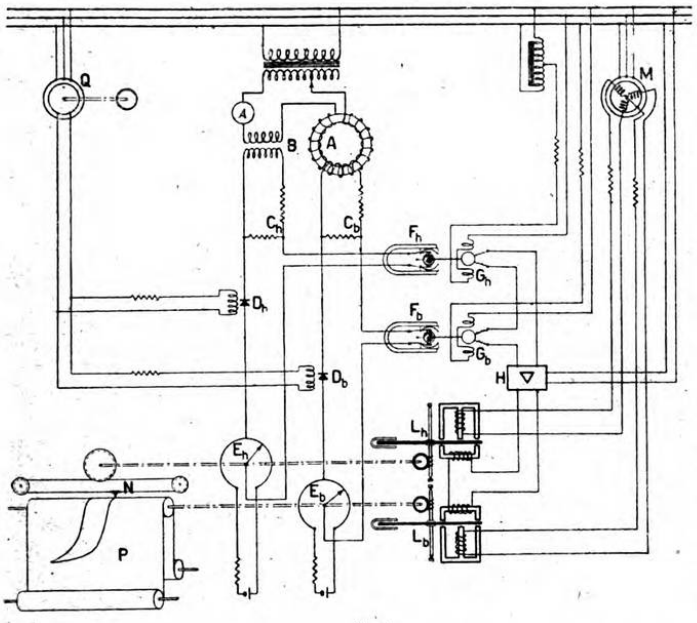


Fig. 26

Fig. 26. — Isteresigrafo con integratori a raddrizzatore meccanico e registratore meccanico.

Detti strumenti sono del tipo magnetoelettrico e muovono, invece di un indice, una bobinetta costituente il secondario di una mutua induzione variabile G_h e G_b; le cose sono regolate in modo che quando F_h ed F_b sono in posizione di riposo G_h e G_b abbiano il valore zero.

I primari di G_h e G_b sono alimentati con correnti alternate fra loro in quadratura (7); le tensioni uscenti dai secondari, nel caso che F_h ed F_b non siano in riposo, sono applicate, in serie fra loro, all'ingresso di un amplificatore H; l'uscita di questo alimenta, pure in serie fra loro, gli avvolgimenti ampermetrici di due motorini a induzione da contatore L_h ed L_b.

I due motorini hanno gli avvolgimenti voltmetrici alimentati, in quadratura di fase fra loro, da un variatore di fase M; regolando questo si può fare in modo che L_h si metta in rotazione solo per effetto della tensione al secondario di G_h ed analogamente per L_b e G_b; rendendo così possibile l'uso di un solo amplificatore per i due circuiti.

I due motorini L_h ed L_b provvedono a ruotare i potenziometri E_h ed E_b ristabilendo la posizione di riposo per F_h ed F_b; inoltre: L_h muove una penna tracciante N; L_b muove a mezzo di rulli un foglio di carta P in direzione ortogonale al moto di N.

Il variatore di fase Q che comanda i raddrizzatori D_h e D_b viene fatto girare da un dispositivo ad orologeria, con lentezza sufficiente perchè tutte le parti possano muoversi restando F_h ed F_b poco discosti dalla posizione di riposo, in modo da percorrere l'intero ciclo.

15. - ISTERESIGRAFI CON DISPOSITIVI INTEGRATORI ELETTRICI A TENSIONE. — Gli isteresigrafi di questo tipo usano dispositivi integratori che forniscono una tensione proporzionale in ogni istante al valore dell'integrale della tensione $v(t)$ indotta nel secondario del permeametro.

Il dispositivo registratore più indicato per questi isteresigrafi è l'oscillografo catodico; esso infatti si presta con grande semplicità ad essere comandato da due tensioni (permeametri P.2.2) senza assorbire carico; oppure da una tensione e da una corrente (fig. 27) (permeametri P.2.1).

Fra i diversi possibili schemi di integratori a tensione indicati da Krüger e Plendl (9) il più semplice e più comunemente usato è quello costituito da una resistenza R e da una capacità C collegate in serie ai capi del secondario del permeametro, nel quale la tensione integrata si preleva ai capi di C.

Il funzionamento del dispositivo può facilmente intuirsi pensando che R e C siano grandissime; allora la corrente che fluisce nel sistema è determinata dalla sola R ed è quindi in ogni istante proporzionale alla $v(t)$, di conseguenza la tensione ai capi di C è in ogni istante proporzionale all'$\int^t v(t)dt$.

Se R e C non sono grandissime si hanno degli errori dipendenti dalla frequenza; chiamando con ω la pulsazione fondamentale della $v(t)$ e con k l'ordine delle relative armoniche, si può tracciare un diagramma (fig. 28) degli errori relativi di ampiezza e degli errori di fase in funzione della quantità $k\omega CR$.

Si deve notare che il rapporto fra l'ampiezza della tensione ai capi di C e della $v(t)$ decresce approssimativamente in ragione inversa a ωCR; ciò significa che un aumento di ω porta bensì ad una riduzione di R e di C a parità di errore ammissibile, ma non una riduzione dell'errore a parità di sensibilità; per diminuire l'errore occorre anche aumentare la sensibilità, per esempio interponendo fra i capi di C e le due placche deviatrici dell'oscillografo un amplificatore (12; 22); si intende che questo deve essere costruito in modo da introdurre errori trascurabili nella fase ed ampiezza delle singole armoniche.

Dato che, come si è detto a proposito del flussometro, l'errore di fase di 0,1 rad può ritenersi l'estremo tollerabile, ne viene la necessità che sia $\omega CR > 10$ (8); ciò significa anche che, con ordinari tubi oscillografici ed in

(7) Si noti che nel disegno descrittivo originale (21) vi è una svista riguardante l'alimentazione di G_h e G_b rispetto a L_h ed L_b, nonchè una riguardante l'alimentazione di D_h rispetto a D_b.

(8) Per esempio, a 50 Hz : $\omega = 314$ rad/sec; $R = 10\,000$ ohm; $C = 3{,}2$ microfarad.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

assenza di amplificazione, occorre disporre di una $v(t)$ di ampiezza non minore di circa 500 V.

Nel caso di permeametri con tensiometro magnetico (P.2.2), il dispositivo integratore descritto può usarsi anche per la misura di $\mathcal{H}$ (22); in questo caso l'amplificazione diventa indispensabile.

Una correzione dell'errore di fase, nel caso che la $v(t)$ contenga una percentuale scarsa di armoniche, è evidentemente possibile disponendo in serie con la R una induttanza di valore $L_c = 1/\omega^2 C$.

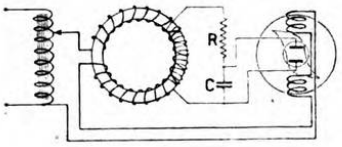


Fig. 27

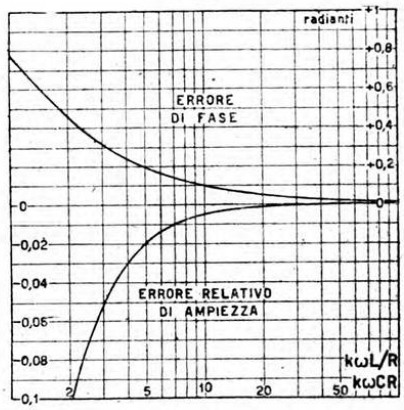


Fig. 28

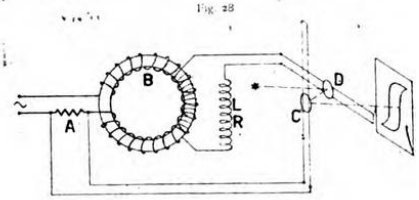


Fig. 29

Fig. 27. — Isteresigrafo con circuito integratore a resistenza e capacità.

Fig. 28. — Errori di fase ed ampiezza per gli integratori a circuito elettrico.

Fig. 29. — Isteresigrafo con circuito integratore ad induttanza.

16. - ISTERESIGRAFI CON DISPOSITIVI INTEGRATORI ELETTRICI A CORRENTE. — Mentre per il comando di un oscillografo catodico sono più adatti i dispositivi integratori a tensione, per il comando di registratori composti di oscillografi magnetoelettrici sono più opportuni dispositivi che forniscono una corrente proporzionale all'integrale della $v(t)$.

Una disposizione di questo genere è stata da tempo proposta da Morris e Catterson-Smith (4) e da altri (7; 8) perfezionata disponendo il circuito integratore su apposito secondario, anzichè in parallelo sul primario.

Attraverso (fig. 29) un derivatore A, disposto in serie sul primario del provino B, viene alimentato un equipaggio oscillografico C che si muoverà quindi di moto proporzionale ai valori istantanei di $\mathcal{H}$; il secondario del provino alimenta un secondo equipaggio oscillografico D attraverso una induttanza L con inevitabile resistenza R.

Se la reattanza di L è molto grande rispetto ad R, la corrente secondaria è in ogni istante proporzionale all'integrale della tensione $v(t)$ ai capi del secondario, quindi l'oscillografo D si muoverà di moto proporzionale ai valori istantanei di $\mathcal{B}$; un raggio luminoso, deviato nelle maniere già descritte dai due specchietti, traccerà il ciclo.

Gli errori che si compiono si possono ottenere dallo stesso diagramma (fig. 28) che serve per l'integratore a resistenza e capacità, usando come ascissa la quantità $k\omega L\ R$.

Qualche difficoltà si ha per ottenere valori sufficientemente elevati di $\omega L/R$; l'uso di induttanze con nucleo di materiale ferromagnetico è evidentemente vantaggioso purchè non vengano a mancare le caratteristiche lineari che stanno a base della possibilità di uso di questi integratori.

Non si hanno in questo caso difficoltà per la sensibilità da raggiungere, poichè essa negli equipaggi oscillografici magnetoelettrici è sempre sufficientemente elevata per questa applicazione.

Istituto Elettrotecnico Nazionale « Galileo Ferraris ». Torino, marzo 1945.

BIBLIOGRAFIA

(1) J. A. EWING: *Magnetic Induction in Iron and Other Metals*. London. 3ª ed., pag. 45 e 118 (1900).
(2) O. M. CORBINO: *Nuovo metodo per determinare la curva di isteresi magnetica*. « L'Elettricista », 9, 1 (1900).
(3) K. ÅNGSTRÖM: *Ueber eine objektive Darstellung der Hysterese Curven bei Eisen und Stahl*. « Phys. Zeits. », 1, 121 (1900).
(4) D. K. MORRIS, J. K. CATTERSON-SMITH: *Some Uses of the Oscillograph*. « The Electrician », 52, 684 (1904).
(5) E. MADELUNG: « Ann. der Phys », 17, 869 (1905).
(6) J. A. FLEMING: « Proc. Phys. Soc. London », 27, 316 (1915).
(7) E. L. BOWLES: *Discussion on « Permeability »*. « Journ. A. I. E. E. », 42, 849 (1923).
(8) O. E. CHARLTON, J. E. JACKSON: *Losses in Iron Under the Action of Superposed A. - and D. - Current Excitations*. « Journ. A.I.E.E. », 44, 1220 (1925).
(9) K. KRÜGER, H. PLENDL: *Aufnahme von Magnetisierungskurven mit der Braunschen Röhre*. « Arch. f. El. », 17, 416 (1926); « Zeits. f. Hft. », 27, 155 (1926).
(10) B. DEL NUNZIO: *Brusche variazioni nel magnetismo del Nichel*. « Atti Ist. Ven. Sc. Lett. Ar. », 87-II, 941 (1928).
(11) F. LORI: *Un isteresigrafo*. « Atti Ist. Ven. Sc. Lett. Ar. », 87-II. 957 (1928).
(12) J. B. JOHNSON: *A Braun Tube Hysteresigraph*. « Bell S.T.J. », 8, 286 (1929).
(13) H. C. LEHDE: *A Ballistic Hysteresigraph*. « Rev. of Sc. In tr. », 2, 16 (1931).
(14) F. E. HAWORTH: *A Magnetic Curve Tracer*. « Bell S.T.J. », 10, 20 (1931).
(15) O. VON AUWERS: *Ein magnetischer Flussschreiber*. « Zeits. f. techn. Phys. », 14, 316 (1933).
(16) W. THAL: *Das Siemens-Ferrometer*. « Siem. Zeits. », 15, 61 (1935).
(17) T. A. LEDWARD: *Magnetic Hysteresis Loops by Kathode - Ray Oscillograph*. « The Electrician », 117, 217 (1936).
(18) W. STEINHAUS, E. SCHOEN: *Selbsttätige Aufzeichnung von Magnetisierungskurven*. « Phys. Zeitz. », 38, 1 (1937); « Wiss. Abh. d. P. T. R. », 21, 1 (1937).
(19) *Siemens-Ferrometer*; « A.T.M. », J 60-3 (Mai 1937).
(20) R. F. EDGAR: *A New Photoelectric Hysteresigraph*. « Electr. Eng. », 56, 805 (1937).
(21) W. GEYGER: *Wechselstrom-Hysteresisschleife; Aufnahme mit dem Tinten-Koordinatenschreiber*. « A.T.M. », V 951-3 (Mai 1938).
(22) F. FÖRSTER: « Zeits. f. Metallkde », 32, 184 (1940).
(23) P. DE POL: *Il ferrometro: su possibilità e sue limitazioni*. « L'Elettrotecnica », 27, 546 (1940).
(24) W. BREITLING: *Ueber eine Messeinrichtung für Dauermagnete mit unmittelbarer Kurvenaufzeichnung*. « Arch. f. El. », 35, 1 (1941).
(25) H. LE CHATELIER: *Nouveau dispositif expérimental de la méthode de M. Saladin pour l'enregistrement des points critiques*. « Rev. de Mét. », 1, 134 (1904).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

(26) T. GNESOTTO: *Alcuni apparecchi per ottenere correnti elettriche alternate a lungo periodo.* « Nuovo Cimento », 16, 35 (1918).
(27) T. GNESOTTO: *Nuovo modello di invertitore rotante per frequenze prossime a quella industriale.* « Atti Acc. Sc. Lett. Ar. Padova », 48 (1932).
(28) W. BADER: *Der Koordinatenoszillograph.* « Arch. f. El. », 31, 108 (1937).
(29) P. K. HERMANN: *Wechselstromerzeugung für tiefste Frequenzen.* « Jahrbuch der AEG-Forschung », 6, 41 (1939).
(30) W. BREITLING: *Ein Umformer für Wechselspannungen tiefer Frequenzen.* « E.T.Z. », 65, 163 (1944).

NOTE SUI TRATTAMENTI E SULLA RIGENERAZIONE DEGLI OLI ISOLANTI

T. LEARDINI

Attraverso un esame delle varie prove a cui si sottopongono gli oli isolanti vengono messi in evidenza alcuni punti fondamentali al riguardo, giovandosi di ricerche sperimentali eseguite presso i laboratori di una Società elettrica nazionale. Se ne deducono direttive pratiche per la manutenzione e il trattamento degli oli.

PREMESSA.

La necessità di una esatta conoscenza della qualità, dello stato di conservazione degli oli isolanti e dei più adatti trattamenti degli oli vecchi, si è fatta sentire alle aziende elettriche, soprattutto nel periodo di guerra e nell'attuale periodo, in cui si può fare affidamento sicuro solo sulle proprie riserve di materiali. La valutazione delle qualità e dei trattamenti degli oli assume poi importanza maggiore quando si tratti di ricuperare quelle quantità di oli che si sono rese disponibili in seguito ai nuovi orientamenti della tecnica. Infatti la sostituzione di interruttori a forte volume di olio con altri a volume di olio ridotto, o addirittura senza olio, (specie nel campo delle altissime tensioni) e la sostituzione con scaricatori a caduta catodica degli scaricatori a corna con resistenze limitatrici in olio, hanno reso e renderanno disponibili forti quantità di olio, in generale in cattive condizioni. Questo olio opportunamente trattato, può essere utilizzato nelle nuove costruzioni.

È stato cura del Sottocomitato Oli Isolanti del C.E.I. di porre a suo tempo allo studio il problema della rigenerazione oli, questione che non era stata fino allora trattata in sede di S.C. Dalle discussioni nelle sedute si rilevò come la soluzione del problema della rigenerazione non fosse nè semplice nè unica, e quindi non fosse facile inquadrare in termini precisi il problema. Soprattutto risultò che questo trattamento va praticato con molta competenza, per non ottenere risultati negativi. Purtroppo la competenza mancava a molte ditte improvvisatesi per il trattamento dell'olio.

Essendosi rilevato nella discussione che erano possibili dei metodi di trattamento più semplici per la manutenzione di oli in servizio, e che potevano essere eseguiti dalle stesse società elettriche, ma non essendosi potuto in pari tempo disporre di una sufficiente pratica, il Sottocomitato pubblicò norme di carattere sperimentale, edite nel 1943 che richiamavano i punti accertati e davano dei consigli tecnici sul problema.

La scelta del trattamento rimaneva in qualche modo affidata alla competenza e alla correttezza degli industriali della rigenerazione.

Ora è da ritenersi opportuno, che i gruppi elettrici, come curano in proprio il controllo ed il collaudo di tutto il materiale e macchinario, provvedano in proprio anche al controllo oli, e ciò sia dal punto di vista patrimoniale come dal punto di vista dell'esercizio tecnico, dato che la corretta conservazione dell'olio influisce anche sul servizio.

Non è noto se le Società elettriche, anche molto importanti, abbiano affrontato con mezzi adatti questo problema per inquadrarlo al giusto posto nella tecnica dell'esercizio, ma in sede di discussione del S. C. Oli ciò non risultava.

La Società Adriatica di Elettricità per suo conto decise di affidare al Laboratorio Ricerche uno studio della questione oli. Questo lavoro è stato fatto tra difficoltà di ogni genere in questo periodo travagliato. Siccome in questo studio si è considerato sopratutto il punto di vista della pratica di esercizio, riteniamo utile portare a conoscenza dei tecnici le seguenti note che, più che dare dei ragguagli di carattere teorico sulla tecnica e sulla chimica degli oli, fanno presenti alcuni punti fondamentali pratici, accertati sperimentalmente nel corso di queste ricerche, e che coincidono con la pratica di altri paesi.

PROVE DEGLI OLI

Gli oli isolanti sono costituiti da una miscela di idrocarburi, di diversa costituzione molecolare a seconda l'origine ed il raffinamento. La miscela deve rispondere a certi requisiti che danno al prodotto caratteristiche abbastanza definite. Essa non è sottoposta a prescrizioni esplicite circa i costituenti, che però vengono entro certi limiti indirettamente regolati, dalle prescritte caratteristiche della miscela.

Sotto il nome di « olio isolante » non si intende quindi un individuo chimico ma praticamente una vasta serie di miscele di prodotti (anzi di soluzioni di composti gli uni negli altri) con caratteristiche intermedie a certi limiti.

La molteplicità della composizione e della struttura degli oli giustifica in qualchè modo il quadro piuttosto complesso dei metodi di ricerche e di apprezzamento, e permette di comprendere come sia difficile nel campo degli oli isolanti arrivare a quella rigidezza e semplicità di analisi e di definizioni a cui gli elettrotecnici sono in genere abituati.

Infine la molteplicità delle prove rende necessario, per giungere ad una certa padronanza in materia, di poter contare su un laboratorio chimico bene attrezzato sia dal punto di vista dei mezzi, che da quello del personale.

PROVE TIPICHE.

La valutazione degli oli si fa attraverso prove tipiche che sono state in gran parte normalizzate dal C.E.I. Non si è ritenuto necessario spiegarne lo svolgimento nelle seguenti note, visto che le norme dànno ogni dettaglio.

Alcune prove non sono comprese nella ultima edizione delle norme C.E.I., ma sono comprese nelle norme N.O.M. e si rimanda a queste norme per le modalità di prova. Altre infine sono delle prove tecniche usuali, di cui si descrive brevemente lo svolgimento.

Tutte le prove sono necessarie alla conoscenza dell'olio: alcune di queste prove forniscono coi loro risultati, oltre che una valutazione assoluta dell'olio, una indicazione dello stato di usura, specie se questi risultati si possono confrontare con quelli dell'olio originale. Altre prove danno criteri indicativi anche ove manchino i dati relativi alle analisi del campione originale. Si ricapitolano qui queste prove sopratutto valutandone la capacità di dare una indicazione sull'usura dell'olio.

PROVE ORGANOLETTICHE.

Colore: Il colore di un olio si esamina per trasparenza confrontandolo o con quello di altri campioni, o con una

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tabella di colori normali formato ad esempio da una serie numerata di striscie di cellofane e di celluloide, colorate con graduazioni progressive tra il giallo chiaro e il colore bruciato, quasi nero. Si usano in generale dieci graduazioni. È necessario l'uso di una provetta di vetro di dimensioni stabilite.

Il colore di un olio buono varia tra il giallo chiaro e l'arancio. Circa la sensibilità di queste prove nei riguardi dell'alterazione si noti che tra i prodotti dell'invecchiamento degli oli sono gli asfalti duri, di colore nero, che sono solubili nell'olio e che quindi lo iscuriscono. L'iscurimento di un olio è quindi un segno della sua alterazione. Attraverso le prove successive, si deve però appurare che l'iscurimento non sia dovuto a sostanze estranee discioltesi nell'olio.

Trasparenza: La trasparenza si valuta usualmente mettendo uno strato di dieci centimetri di olio in un bicchiere di vetro, ed osservando se si distingue ancora distintamente una riga nera larga un millimetro, segnata su un foglio bianco posto sotto al bicchiere. Controlli più esatti (fotometrici) possibili, non sono necessari. La trasparenza permette di giudicare la purezza dell'olio, e, dopo filtrazione, sull'invecchiamento di questo olio, dato che le sostanze di alterazione, iscurendolo, lo rendon > meno trasparente.

Brillantezza: Un olio è brillante se, esaminato contro una luce intensa come una lampada ad arco, la luce solare, ecc. non rivela dispersione della luce che lo attraversa. Le sostanze sospese nell'olio anche in minime tracce, aumentano notevolmente la dispersione della luce; in modo che è possibile con un po' di esercizio di giudicare sulla purezza di un olio dalla sua brillantezza.

La brillantezza è, come la trasparenza, un carattere che manca negli oli sporchi od umidi. Costituisce quindi una valutazione dell'usura di un olio.

Odore: L'olio nuovo ha un leggero odore caratteristico di idrocarburo. Se invece è bruciato per scariche od archi elettrici, ecc. ha un odore di ozono o di idrocarburo bruciato. Si riconosce meglio l'odore strofinando qualche goccia sul palmo della mano. Con un fiuto esercitato si distingue dall'odore anche la presenza di asfalti.

PROVE FISICHE.

Fanghi ed impurità: Sul fondo dei recipienti in cui l'olio sia rimasto a lungo, specie se caldo, si depositano dei fanghi, di cui è necessario accertare la natura. Prelevato un campione, si mette su un filtro e si lava con benzina normale finchè la benzina esce perfettamente pulita. Con ciò si allontanano tutte le tracce di olio. Si lava poi con benzolo puro, osservando il colore del benzolo che filtra. Se il filtrato è bruno, ciò significa che vi sono prodotti di alterazione (asfalto) che si possono ulteriormente analizzare e pesare. Ciò che rimane sul filtro è in generale costituito da asfalti duri, da carbone (nero-fumo), o da polvere di sostanze isolanti. La prova fornisce quindi un'idea sulla presenza o meno di sostanze di alterazione, resine, ecc.

Nero-fumo o carbone: Piccole traccie di carbone (nero-fumo) impartiscono all'olio una colorazione oscura, e in traccie minime, una fluorescenza azzurra sui bordi.

Questa sostanza può quindi mascherare, attraverso una colorazione dell'olio, un iscurimento dovuto ad alterazioni. Si riconosce la presenza di nero-fumo, filtrando l'olio, ed esaminando il deposito, che non deve sciogliersi nè in benzina, nè in benzolo. Il nero-fumo in dispersione ultracolloidale è però difficilmente filtrabile.

Umidità: L'acqua è contenuta nell'olio in tre forme:

— stratificata;
— disciolta;
— di condensazione.

L'acqua *stratificata* si trova sul fondo dei recipienti, e può essere raccolta dagli scarichi di fondo.

L'acqua *disciolta* è distribuita in tutta la massa dell'olio. In forti tracce viene rilevata riscaldando il fondo di una provetta, prima bene essiccata, contenente un po' di olio. Se l'olio frigge intorno ai 100 °C, ciò è causato dalla presenza di acqua disciolta. In piccole quantità è rivelata dalla rigidità dielettrica. Bastano 50 grammi di acqua sciolta in una tonnellata di olio per abbassare la rigidità dielettrica a 20 kV.

Le molecole alterate dell'olio, specie se sottoposte a forte calore, tendono a decomporsi, dando acidi liberi, esteri ed acqua. L'acqua può considerarsi come un prodotto della « *condensazione* » delle molecole, e quindi, in un senso puramente convenzionale, possiamo chiamarla « *acqua di condensazione* ».

La sua presenza si accerta riscaldando il fondo di una provetta previamente bene essiccata, contenente poco olio, e lasciandolo bollire per un minuto. Occorre che l'olio sia in piccola quantità in modo che la schiuma eventuale non sorpassi la metà del tubo. Tolta la provetta della fiamma, si inclina e si ruota in modo che l'olio bagni le pareti di tutta la provetta.

Se l'olio frigge a contatto colle pareti calde, vi sono molecole alterate, che separano acqua di condensazione. L'acqua disciolta maschera naturalmente l'acqua combinata, per cui l'olio è prima da essiccarsi su carta da filtro.

Peso specifico: Si misura col picnometro e con gli areometri. Non si altera notevolmente con l'invecchiamento.

Viscosità: Viene misurata col viscosimetro di Engler. Non si altera notevolmente con l'invecchiamento.

Solo in interruttori dove l'olio sia estremamente sporco di nero-fumo, la sua viscosità aumenta. Ad ogni modo in tale caso il solo colore e trasparenza permettono di giudicare.

Infiammabilità: Viene misurata col Pensky-Martens e non si altera notevolmente con l'uso. Un eventuale abbassamento, significa che l'olio è stato inquinato da solventi.

Rigidità dielettrica: È una delle caratteristiche più importanti dal punto di vista elettrotecnico. Essa è molto elevata negli oli nuovi, e viene diminuita sia le minime tracce di acqua sia da altri corpi estranei in sospensione, specialmente sostanze fibrose, che tendono ad inzupparsi di acqua.

Negli oli nuovi una accurata pulizia ed essiccazione è sufficiente per raggiungere una elevata rigidità. In oli vecchi la rigidità dielettrica non raggiunge più i valori iniziali, per quanto l'olio venga pulito ed essiccato. Quindi dà uno dei segni caratteristici dell'invecchiamento.

Insolubilità in benzina (asfalti duri): L'olio si scioglie senza residui nella benzina normale, dando una soluzione limpida. La prova si effettua diluendo un centimetro cubo di olio in 40 cm^3 di benzina normale. Le sostanze di alterazione rimangono sospese, e dànno soluzioni torbide, o addirittura, dopo un giorno di riposo, leggeri depositi, che si possono raccogliere su un filtro e pesare. Questa prova permette quindi di accertare la alterazione di un olio, anche se questo si presenta trasparente, brillante.

Per molte ragioni sarebbe preferibile scegliere come « benzina normale » anche per le norme N.O.M. e C.E.I. una benzina leggera taglio usuale (65÷95) con sensibilità all'acido solforico ed all'oleum = 0.

PROVE CHIMICHE.

Acidità ed alcalinità inorganica: Se si manifesta, indica che un olio è venuto accidentalmente a contatto con sostanze estranee.

Acidità organica: Si distingue in acidità *organica libera*, data da acidi *sciolti* nell'olio e in acidità *organica totale*, data dai precedenti composti e da composti acidi esistenti allo stato di combinazioni instabili.

La acidità *organica libera* viene determinata secondo le norme C.E.I. ed il suo aumento oltre ai valori riscontrati per l'olio nuovo, costituisce una caratteristica del-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

l'invecchiamento. La acidità raggiunta dà una idea quantitativa del grado di alterazione.

La acidità organica totale viene determinata secondo le norme N.O.M. (N. di saponificazione) e rivela tutti i prodotti instabili rispetto ai caustici. Questa prova ha grande importanza nella valutazione dell'invecchiamento, in quanto, con la sua differenza rispetto alla acidità libera indica complessivamente la quantità di composti di alterazione che sono già instabili, (e che quindi possono scindersi dando acidità libera, acqua, e sostanze fangose), più la quantità dei prodotti di invecchiamento formatisi, e che reagiscono con la soda, dando saponi.

Questa prova dovrebbe venire quindi introdotta anche nelle norme del C.E.I. prendendo le modalità dalle norme N.O.M., adottando però il coefficiente 0,282 per esprimerlo omogeneamente alla prova di acidità.

Sensibilità all'acido solforico concentrato: Questa prova permette di valutare la quantità di sostanze intaccabili dall'acido solforico che si trovano in un olio. Si esegue mettendo 10 cm^3 di acido solforico, densità 1,84 e 10 cm^3 di olio asciutto e filtrato in un recipiente graduato e chiudibile in cui sia possibile leggere i volumi dei due liquidi. Dopo aver bene sbattuto i liquidi si lascia decantare finchè i liquidi si separano.

L'acido solforico discioglie le sostanze di alterazione e intacca le molecole instabili formando prodotti che si sciolgono nell'acido stesso, (vedi rigenerazione). Il volume dell'olio diminuisce e i cali dell'olio possono raggiungere fino al 30 % in volume. La sensibilità è data dal calo percentuale. Naturalmente l'entità assoluta dei cali non costituisce un dato che permetta di giudicare l'olio, perchè un olio trattato durante la raffinazione con poco acido solforico presenta maggiore sensibilità anche se è ancora in buone condizioni. Tuttavia la differenza della sensibilità tra l'olio nuovo e vecchio ha importanza in quanto permette di stabilire la alterazione subita dall'olio, e una cifra elevata, in senso assoluto, dice della necessità di raffinare l'olio.

Sensibilità all'acido solforico diluito: Se la prova precedente viene fatta con una soluzione in parti eguali di olio in benzina normale, insensibile all'acido solforico e con metà del suo volume di acido solforico densità 1,52, non si osserveranno in generale spostamenti nel volume, ma però si vedrà che l'acido solforico diluito dapprima incolore e trasparente, assume una colorazione scura, data dalla presenza di sostanze di alterazione dell'olio, passata nell'acido. La prova è quindi essenzialmente qualitativa, ma dà una idea se si sono formati composti di alterazione nell'olio.

Contenuto in ceneri ed in zolfo: Si determina secondo le norme, in generale non varia con l'alterarsi dell'olio.

Indice di alterabilità: L'indice di alterabilità si determina secondo le norme. A tale proposito è da fare osservazione che la durata di questa prova è molto lunga e, a meno che non si operi con grande perizia, i suoi risultati sono spesso incerti. Quindi questa prova costituisce, nel ciclo di tutte le prove, quella di maggiore importanza ma altresì di maggiore durata, difficoltà ed incertezza, per cui sarebbe preferibile studiare una semplificazione del metodo. La prova di alterabilità dà senz'altro il grado di stabilità di un olio, ed assume particolare importanza sopratutto nella valutazione dei risultati conseguiti nei trattamenti.

Valutazione dei risultati.

Il complesso delle prove precedenti che si eseguiscono su un olio, permette di valutare l'olio ed il suo stato di usura.

Perchè un olio *sia nuovo o sia considerabile come tale*, esso deve corrispondere alle norme C.E.I. Sui punti non indicati, e cioè circa la cifra di acidità totale, questo non dovrebbe di regola superare 0,08÷0,10 a seconda che l'olio proviene dalla raffineria o è già trattato e contenuto in trasformatore. La sua sensibilità all'acido solforico diluito deve essere bassa in modo da non colorare notevolmente l'acido. La sensibilità all'acido solforico concentrato non dovrebbe essere superiore all'8÷10 % e l'olio deve essere assolutamente esente da acqua combinata. La sua rigidità dielettrica quando è perfettamente asciutto deve essere sui 70÷80 kV allo spinterometro C.E.I.

Limiti di servizio degli oli.

Gli oli usati possono restare in servizio finchè le caratteristiche rimangono entro i limiti seguenti:

L'olio filtrato deve essere sempre trasparente e brillante.

Il colore non deve essere molto più scuro dell'originale. L'olio sciolto in benzina normale non deve presentare asfalti duri e nella prova di sensibilità all'acido solforico diluito lo strato dell'acido non deve diventare più scuro dell'olio originale. Se impiegato nei trasformatori i cui isolanti siano trattati secondo la tecnica americana con sostanze insolubili in olio, può avere acidità libera 1 %÷1,2 % purchè siano esenti da fanghi e depositi.

Negli oli per trasformatori aventi isolamento in cotone non impregnato, è già pericolosa una acidità di 0,6÷0,8. Devono essere assenti fanghi e depositi. L'acidità totale non deve essere superiore alla acidità libera di più del 0,3 %. (In pratica negli oli da trasformatori in uso, molto vecchi, e che avevano intaccato gli isolanti, non abbiamo riscontrato mai acidità libera sopra 0,7 % e combinata sopra 1 %).

Per gli interruttori, il giudizio va fatto in base alla rigidità dielettrica in quanto poco interessa la acidità.

Circa l'acqua di condensazione questa deve essere assente in ogni caso, perchè essa può formarsi nei punti più caldi, abbassando la rigidità dielettrica e dare luogo a scariche.

Circa l'indice di alterabilità, questo deve mantenersi basso, in modo che il valore dell'acidità dopo la prova non superi i valori già indicati e gli asfalti duri non siano superiori a 0,5 %.

La rigidità dielettrica deve essere almeno sui 50 kV.

TRATTAMENTO DEGLI OLI

Opportunità di rigenerare un olio.

Già nella manutenzione ordinaria occorre seguire un olio attraverso prove metodiche per effettuare in tempo i trattamenti ordinari, in modo che l'olio si trovi sempre nelle migliori condizioni.

Quando i trattamenti ordinari non bastino più, occorre procedere tempestivamente a dei trattamenti straordinari.

È necessario valutare esattamente lo stato di conservazione dell'olio, per sottoporlo solamente ai trattamenti necessari, evitando di procedere a trattamenti superflui con inutile dispendio di denaro, di tempo, e aumentato sfrido di olio.

Fatte le opportune ricerche sull'olio, si deciderà in base a criteri sottoelencati l'adozione di uno o più procedimenti tecnici:

- *Trattamento di sbianca.*
- *Trattamento alcalino.*
- *Trattamento acido.*

Criteri di scelta dei trattamenti.

Il trattamento con terra da sbianca può venir usato per migliorare oli a bassa acidità libera (0,2÷0,3) e combinata (03÷0,5) non molto alterabili al caldo, presentanti un aspetto torbido. Gli oli non devono essere molto sensibili all'acido solforico e devono essere esenti da acqua combinata.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il trattamento alcalino si pratica a se per migliorare oli a bassa acidità libera, (0,3÷0,5) ma con maggiore acidità combinata (0,6÷0,8) non molto alterabili a caldo, praticamente senza asfalti duri, poco sensibili all'acido solforico e senza acqua combinata.

Questo procedimento non presenta particolare difficoltà o pericoli, e può dare buoni risultati, per cui è da consigliare la sua applicazione estensiva specie nei primi stadi di alterazione.

Il trattamento acido si pratica in quei casi che non siano risolubili con gli altri due trattamenti. Esso consta in una nuova raffinazione dell'olio, ed è fatto in generale precedere da trattamenti di deacidificazione, mentre viene seguito sempre da procedimenti di sbiancatura, eventualmente con neutralizzazione.

CARATTERISTICHE DEI SINGOLI TRATTAMENTI.

Trattamento con terra da sbianca: Si effettua mescolando intimamente ed a temperatura moderata (40÷80 °C) l'olio isolante da trattare con una quantità di terra da sbianca di qualche per cento (2÷5) rispetto al peso dell'olio. Sia l'olio che la terra da sbianca devono essere prima bene essiccati, riscaldandoli eventualmente a 100÷100 °C.

Il mescolamento deve essere molto energico e la durata del trattamento deve essere sufficiente per togliere tutte le sostanze sospese.

La terra da sbianca agisce per effetto fisico di assorbimento sulle sostanze sospese e di parte delle sostanze disciolte, specie degli acidi e sostanze di alterazione. Dopo il trattamento la terra da sbianca viene eliminata mediante filtrazione su filtri in tela, che devono essere preformati o mediante centrifugazione. La terra da sbianca trattiene circa un eguale peso di olio, che può essere ricuperato mediante presse, ma che rimane sempre olio di scarto.

Il calo con questo procedimento è quindi uguale al peso della terra da sbianca impiegata.

Le terre da sbianca in commercio sono di due tipi: terre naturali (floridina, terra di fuller, ecc.) e in terre artificialmente attivate, che sono terre di varia provenienza trattate con acido solforico e con acido cloridrico.

Le terre, in specie le artificiali presentano, per la presenza di tracce di acido solforico o di perossidi, un'azione chimica di raffinazione per cui è necessario accertarsi che la terra non produca eventuale superigenerazione. (Vedi trattamento acido).

Trattamento alcalino: Consiste nel deacidificare a fondo l'olio con alcali e si può effettuare sia a caldo che a freddo, sia con soluzioni concentrate che diluite. I metodi usuali sono:

DEACIDIFICAZIONE A CALDO:

Si fa con una soluzione del 10 % di soda caustica in acqua, a cui si sia aggiunto circa il 20 % di silicato sodio. Questa soluzione viene aggiunta in quantità tale che la soda sia almeno l'1 % (in peso) l'olio da trattare.

L'olio, pulito e filtrato viene scaldato fino a 110 °C e a questa temperatura viene aggiunta la soluzione, con contemporaneo energico rimescolamento meccanico o mediante aria compressa pre-riscaldata.

La soda intacca gli acidi liberi, ed anche i composti instabili, con formazione di saponi parzialmente solubili in olio.

La presenza di silicato allo stato colloidale favorisce la precipitazione per trascinamento dei saponi formatisi, in modo che l'olio oltre che uscirne neutralizzato risulta anche più chiaro. In qualche campo (bassa acidità) è possibile sostituire la soda caustica con idrato di calcio, e in questo caso si aggiunge anzichè una soluzione dell'alcali una sospensione finissima di esso in poca acqua.

Dopo il trattamento, che deve durare almeno mezz'ora, si lascia decantare e si centrifuga. La filtrazione è poco conveniente, perchè, dato il volume dei fanghi e la loro natura, una filtrazione su tela non riesce, mentre una filtrazione su cartoni risulta molto costosa.

L'olio esce neutro, leggermente schiarito, e con bassa cifra di saponificazione (inferiore a 0,2).

Per oli molto acidi, può darsi che una parte dei saponi rimanga sospesa o disciolta nell'olio, e in tale caso è opportuno procedere alla sbianca.

La pratica di effettuare lavaggi con acqua è da seguire con molta precauzione, perchè basta che nell'olio siano rimaste tracce di alcali o saponi basici per avere emulsioni stabili, di difficile separazione.

Per certe deacidificazioni si è però riscontrato sufficiente l'impiego di soda caustica senza silicato sodico

DEACIDIFICAZIONE A FREDDO.

Si fa mescolando intimamente delle soluzioni diluite (a circa 3° Beaumé) di soda caustica con l'olio. È opportuno effettuare uno sbattimento meccanico, dato che la agitazione con aria compressa può essere insufficiente. Con questo procedimento, l'olio passa allo stato di emulsione, e deve essere poi riscaldato a oltre 80 °C e centrifugato per avere una separazione delle fasi.

Anche questo processo neutralizza la acidità libera e gran parte della combinata.

I due metodi non sono critici rispetto alla quantità di soda, per cui si può lavorare sempre con eccesso onde accelerare e completare la reazione.

L'adozione dell'uno o dell'altro metodo dipende da varie considerazioni tra cui quella che il metodo del trattamento con soluzione diluita può essere fatta in ciclo continuo, mentre quello con soluzione concentrata deve essere fatto per singole cariche. Questo è per contro più radicale e dà maggior rendimento.

Trattamento acido: Si attua mescolando a freddo piccole quantità di acido solforico concentrato al 66 % (1,84 Bé) con contemporanea intensa agitazione dell'olio mediante aria compressa. È essenziale che l'olio sia bene asciutto, sia per evitare che la diluizione dell'acido solforico intacchi i recipienti, che per evitare emulsioni molto stabili.

L'azione dell'acido solforico sull'olio è molto complessa, poichè l'acido agisce sia chimicamente che fisicamente.

Agisce chimicamente in quanto intacca le molecole degli idrocarburi non saturi e i sali di acidi grassi, nonchè le sostanze di polimerizzazione formatesi per invecchiamento dell'olio. Agisce fisicamente in quanto scioglie una parte dei prodotti di decomposizione, e assorbe l'acqua esistente o formatasi in seguito alla reazione dell'acido. Agisce infine meccanicamente in quanto ha un effetto di trascinamento e di agglomeramento su particelle carboniose ultra-microscopiche sospese nell'olio. È quindi necessario che l'olio venga a contatto con l'acido solforico il più intimamente possibile. L'acido solforico deve venire immesso allo stato di grande suddivisione, dall'alto, in modo che attraversi la massa dell'olio cadendo verso il basso.

L'acido solforico va usato in quantità dosata, ed estremamente variabile da olio a olio. Un eccesso di acido solforico dà luogo alla cosiddetta superrigenerazione. Pare che l'acido solforico in eccesso oltre ad intaccare i prodotti stabili, intacchi anche certi composti instabili, detti catalizzatori negativi, che ritardano l'alterazione dell'olio.

Gli oli superrigenerati sono limpidi e chiari ma alle prove di invecchiamento inacidiscono fortemente, separando acqua. Gli oli superrigenerati sono quindi molto pericolosi nell'esercizio.

Pertanto è necessario determinare con la massima cura la quantità di acido necessaria e sufficiente.

Non si possono a questo proposito dare delle regole generali, perchè questa quantità può variare da qualche millesimo a 4-5 %.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Un criterio di prima valutazione si basa sui colori assunti dall'olio trattato con quantità crescenti di acido. È tuttavia sempre necessario, sia che si lavori seguendo criteri empirici che eseguendo prove sistematiche, determinare poi sul campione sottoposto alla prova di invecchiamento, la alterabilità dell'olio rigenerato.

La acidificazione viene eseguita da una decantazione e da aggiunta di polveri pesanti, inerti, o da piccole quantità da terre da sbianca esausta, per facilitare il trascinamento meccanico dell'acido al fondo.

L'olio che si ottiene è in generale acido per acidità organica libera e per tracce di acidità minerale e si è raggiunto un buon risultato quando la acidità presente nell'olio è praticamente tutta acidità libera. Se tale acidità è bassa, basta un trattamento finale di sbianca, se la acidità è ancora elevata conviene un trattamento di neutralizzazione analogo a quello descritto sotto il « trattamento alcalino », oppure un trattamento con polvere di calce, o con filtrazione su granuli di calce viva. Ognuno di questi trattamenti va adottato caso per caso.

In qualche caso è necessario effettuare l'acidificazione in due tempi, separando i fanghi dopo il primo tempo, e neutralizzando alla calce. Ciò vale per oli molto invecchiati. La prima quantità di acido si determina osservando la celerità di deposito, che raggiunge un massimo per una cifra di acido solforico ben definita.

I lavaggi dell'olio con acqua non dovrebbero essere di solito fatti dopo la acidificazione, perchè bastano tracce di sulfonati per emulsionare stabilmente l'olio, con risultati disastrosi. Eventuali lavaggi con acqua devono essere fatti solo dopo neutralizzazione o sbiancatura.

Trattamenti complessi.

Di caso in caso può essere necessario procedere a trattamenti complessi, formati dalla combinazione di due o più dei precedenti. Ad esempio oli a forte acidità, ma non molto alterati, possono richiedere dopo il trattamento alcalino una sbiancatura. Anche l'acido solforico non può da solo risolvere i casi di alterazione più grave, perchè in certi casi esso non agisce altrettanto energicamente della soda su composti saponificabili.

È quindi caso per caso da eseguire un trattamento su un campione di qualche litro, sottoponendolo alle prove più rigorose prima di passare alla esecuzione del procedimento industriale.

Esempio.

Per chiarire con un esempio la precedente esposizione, si riporta il caso di un olio estremamente alterato, che è stato trattato in modo da metterlo completamente a nuovo.

Le caratteristiche dell'olio di partenza erano:

Colore: rosso bruno - 6.
Trasparenza: buona.
Brillantezza: scarsa.
Odore: presenti composti di alterazione.
Fanghi e impurità: presenti.
Nerofumo: assente.
Acqua di condensazione: presente.
Insolubilità in benzina: si sono rivelati asfalti insolubili in benzina normale.
Acidità organica: 0,80 %.
Numero di saponificazione: 1,10 %.
Sensibilità all'acido solforico concentrato: 20 %.
Sensibilità all'acido solforico diluito: iscurisce l'acido.
Indice di alterabilità: acidità 1,1 %.
Depositi: 2,53 ‰.

Dal complesso delle caratteristiche, si vede trattarsi di un olio profondamente alterato che non può essere rimesso in efficienza con procedimenti semplici di filtrazione o sbiancatura.

Quindi su questo olio è stato provato il procedimento di deacidificazione, e quello di trattamento acido, il primo per ottenere un olio da interruttori, il secondo per ottenere un olio da trasformatori.

Per il procedimento di deacidificazione si è fatto uso di una miscela soda silicato, come spiegato nel capitolo relativo.

È stato cioè aggiunto a caldo una soluzione di silicato sodico e soda caustica, pari all'1 % dell'olio da trattare mescolando per un'ora con aria compressa.

Si è lasciato decantare bene, filtrato su carta, ottenendo un olio leggermente schiarito (colore 5) neutro.

Per le prove di acidificazione dopo qualche prova orientativa circa l'H_2SO_4 si sono seguiti dettagli sotto specificati:

Acidificazione iniziale col 2 % di H_2SO_4. Decantazione acidificazione successiva col 2 % di H_2SO_4, presbianca con 2 % CaO.

Sbianca 2 % terra acida.

Indi si sono scelte per la neutralizzazione e sbianca a finale quattro procedimenti diversi. Si espongono qui sotto i risultati ottenuti dai campioni, prima di sottoporli alla prova di alterabilità:

Camp.		Acidità libera	Numero di saponificazione
6	Originale	0,80 %	1,10 %
5	Deacidific. a caldo	0,— »	0,22 »
1	Neutralizz. 2 % NaOH - sbianca 4 % terra neutra	0,02 »	0,02 »
2	Neutralizz. 2 % NaOH - sbianca 4 % terra acida	0,04 »	0,05 »
3	Neutralizz. 4 % $Ca(OH)_2$ sbianca 4 % terra neutra	0,03 »	0,11 »
4	Neutralizz. 2 % Na OH - sbianca 2 % terra acida	0,10 »	0,10 »

Si è fatto poi le prove di alterabilità che ha dato i seguenti risultati:

Camp.	Acidità libera	Numero di saponificazione	Deposito
6	1,1 %	1,3 %	2,15 %
5	0,61 »	1,0 »	0,41 »
1	0,04 »	0,28 »	0,06 »
2	0,21 »	0,75 »	0,08 »
3	0,36 »	0,86 »	0,71 »
4	0,28 »	0,84 »	0,15 »

Se si esaminano le norme C.E.I., si vede che le prescrizioni sono le seguenti:

per il deposito:

per olio nuovo, come proviene dalle raffinerie 0,5 ‰
» » già trattato, conten. nei trasf. nuovi . 1,— ‰

per l'acidità org.:

per olio nuovo come proviene dalle raffinerie 0,25 ‰
» » già trattato, conten. nei trasf. nuovi 0,50 ‰

Quindi risulta che il trattamento alcalino fornisce un olio che è appena al di fuori delle tolleranze per olio già trattato, ma che è tuttavia ottimo per interruttori, ecc.

Invece i trattamenti acidi danno tutti dei risultati per cui l'olio è da considerarsi buono. In particolare dà ottimi risultati il campione 1 che a tutti i fini deve considerarsi come un olio nuovo. I cali di lavorazione sono dell'ordine del 15÷18 %. Resta confermato per questo

Biblioteca nazionale centrale di Roma

olio lo schema di trattamento:

H_2SO_4 4 % (2 + 2)

Agitazione energica a freddo per 30', con aria
Decantazione e travaso

Presbianca CaO 2 %

Agitazione pochi minuti a freddo
Decantazione e travaso

Sbianca acida 2 %

Agitazione energica con aria, a 80 °C per 30'
Decantazione e travaso

Neutralizzazione NaOH 2 %

Agitazione con aria a 100 + 110 °C per 30'
Centrifugazione

Sbianca neutra 4 %

Agitazione energica con aria, a 80 °C per 30'
Filtrazione

Conclusioni.

Dai risultati di queste ricerche possono trarsi le seguenti conclusioni:

1°) Oltre alla ordinaria manutenzione degli oli isolanti, è necessario prendere in considerazione ed effettuare a tempo anche dei trattamenti straordinari (sbiancatura, deacidificazione, rigenerazione) sulla base dei criteri esposti nell'articolo.

2°) Ognuno di questi processi ha un suo campo di attuabilità e un suo campo di convenienza.

Il campo di attuabilità è definito dalle caratteristiche che ha l'olio vecchio e che si richiedono all'olio trattato.

Il campo di convenienza è definito dal costo e dalla resa del trattamento.

3°) È opportuno quindi conoscere a fondo le caratteristiche dell'olio ed accertarne la lavorazione su un campione, prima di procedere alla lavorazione di tutto l'olio.

4°) Per le sopra esposte ragioni, nelle grandi Società aventi un patrimonio di oli molto cospicuo, è utile esista un ufficio che controlli questo patrimonio, sia dal punto di vista dei movimenti, che della manutenzione ed esercizio, che della rigenerazione. Qualora la Società faccia eseguire trattamenti a terzi, questo ufficio può controllare esattamente le modalità di lavorazione, i cali, la qualità ecc.

Qualora la Società lavori l'olio in proprio deve guidare tutto il processo.

5°) È necessario che il Laboratorio relativo possegga una attrezzatura completa per la ricerca oli, e sia servito da persona specializzata, dato che il quadro delle prove e soprattutto della valutazione, è ampio.

6°) È opportuno che nella futura edizione delle norme, venga inserito in giusto rilievo il problema della rigenerazione, includendo così cogli opportuni ritocchi le norme di carattere sperimentali che erano state emanate in attesa di accertare i termini del problema.

7°) Operando correttamente, è possibile ricavare da oli usati e in cattive condizioni, degli oli perfettamente efficienti o addirittura nuovi.

Venezia, 8 giugno 1945.

Molte importanti Associazioni, a differenza dell'A E I, chiedono ai loro Soci il pagamento della quota annuale nell'autunno dell'anno precedente. Eseguire prontamente il versamento della quota vuol dire facilitare tutto il funzionamento amministrativo dell'Associazione

LETTERE ALLA REDAZIONE

Sulla unificazione delle tens'oni.

Genova, 14 settembre 1945.

Signor Direttore,

ho letto con molto entusiasmo le « Considerazioni sulla unificazione delle tensioni » dell'Ing. Mennato Metone: approvo toto corde.

Mi sia permesso però qui di spezzare una lancia a favore della tensione di 220 V 50 Hz che, secondo l'Autore dell'articolo, deve essere bandita dalla quasi totalità degli impianti industriali.

La mia pratica (ahimè) più che trentennale dell'industria mi ha convinto che la tensione di 220 V 50 Hz è adatta alla maggior parte degli impianti industriali.

Innanzi tutto, la tendenza moderna è per la capillarità dell'uso dell'energia elettrica: motorini per pompe, motorini per ventilazione, motorini per movimenti ausiliari delle macchine utensili, relè, riscaldamenti elettrici, ecc. Per tutti questi usi la tensione di 220 V è la più adatta.

Di più la tendenza universalmente adottata nelle macchine utensili è di mettere il motore e il comando dello stesso sulla macchina a diretta portata dell'operaio. Ora la tensione di 380 V sembra alquanto elevata per la sicurezza dell'operaio: è vero che una buona manutenzione (protezioni, messa a terra, ecc.) deve prevenire la possibilità di incidenti, ma io sarei per la tensione di 220 V.

Inoltre piccole officine che pur possono usufruire di macchine utensili debbono per forza usare la tensione di 220 V.

Sembra quindi opportuna la normalizzazione anche degli impianti industriali a 220 V 50 Hz, tensione del resto già adottata in Germania per tutte le macchine utensili.

Sarebbe interessante conoscere il pensiero dei Colleghi.

La ringrazio, Signor Direttore, se vorrà pubblicare questa mia e Le invio ossequi.

Suo A. Cantù

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Per iniziativa del Presidente della Sezione di Milano, Ing. Faletti, la questione della **unificazione delle frequenze** è stata presa in particolare considerazione dalla Sezione di Milano fin dal giugno 1943 in un'apposita riunione nella quale si discussero i problemi che si presentavano in relazione alla Legge 7 dicembre 1942, riguardante appunto l'unificazione delle frequenze.

Sulla necessità della unificazione a 50 p/s tutti furono d'accordo rilevando anche come il complesso degli impianti esistenti da trasformare rappresenti soltanto il 5 % circa del totale degli impianti, a sfruttamento integrale avvenuto delle nostre risorse idrauliche: non è quindi il caso di sacrificare i 3 miliardi circa di kWh degli impianti da costruire per soli 2-3 miliardi circa da trasformare.

Il primo problema particolare preso in considerazione nella riunione fu quello del modo di costruire il macchinario, destinato alle zone in cui esista tuttora una frequenza differente da quella unificata, nel periodo di transizione.

La legge prescriveva che « a partire da un anno dall'entrata in vigore della Legge (e cioè dal 9 febbraio 1944) potranno essere installati soltanto macchinari... che siano atti a funzionare alla frequenza nazionale di 50 Hz » pur essendo consentito, a norma dell'art. 4, che nell'ambito delle reti esercitate attualmente a frequenze diverse da 50 Hz vengano installati macchinari ecc. atti a funzionare anche alla frequenza attuale della rete.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

La discussione si aggirò sui rapporti fra costruttore di macchine e cliente, ritenendo alcuni dei presenti che i costruttori non dovessero accettare più ordinazioni di macchinario a frequenza diversa da 50 p/s, mentre altri osservava che la funzione del costruttore è quella di eseguire quanto gli viene richiesto dal cliente. A lui non può essere quindi affidata in nessun caso la responsabilità della applicazione o meno del decreto. Egli al massimo può richiamare l'attenzione del committente sul programma di unificazione, come viene già fatto normalmente dai costruttori.

Parecchi interlocutori portarono notizie intorno a quanto veniva praticato da varie Società nella ordinazione e costruzione di macchinario predisposto per il prossimo cambiamento della frequenza di esercizio.

Particolari difficoltà si incontrano negli impianti di pompe per irrigazione e bonifiche. L'Ing. Novelli diede notizia che la Federazione dei consorzi di bonifica integrale aveva avuto l'incarico di costituire una Commissione tecnica col compito di suggerire gli accorgimenti tecnici da applicare e i provvedimenti amministrativi da adottare in relazione all'onere straordinario che gli Enti di bonifica dovranno affrontare per adeguare gli impianti come richiesto dalla Legge. Per gli impianti di irrigazione la cosa è ancor più grave, perchè essi devono funzionare in periodi in cui l'energia è deficitaria.

La questione del rendimento che deve raggiungere il suo massimo a 50 p/s se è molto importante per le turbine, non lo è altrettanto per il macchinario elettrico. Nei grossi alternatori delle nostre centrali, nel funzionamento a pieno carico, la differenza di rendimento alle due frequenze risulta in generale dell'ordine di 0,1÷0,2 unità percentuali.

La conclusione della discussione su questo primo punto ha portato a rilevare che sembrerebbe opportuno precisare che il divieto di installare macchinari a frequenza diversa da 50 Hz sia esteso anche all'ordinazione e alla costruzione e che non si applichi invece al macchinario già ordinato alla data di entrata in vigore della Legge.

Si passò poi a discutere come si deve procedere (e come andasse perfezionata la Legge) per la più pratica e sollecita applicazione della Legge stessa.

Si rilevò la necessità di perfezionare il testo della Legge nel senso che deve essere data facoltà alle Aziende di distribuzione di stabilire la data del passaggio dalla frequenza attuale a quella unificata con congruo preavviso da dare agli utenti, entro i 10 anni previsti dalla Legge.

Si riconobbe la opportunità di stabilire un programma preciso di tempo per la trasformazione nelle varie zone, programma che potrebbe essere stabilito dal Ministero LL. PP. o meglio dalle Società produttrici o distributrici.

Si concluse che la data potrebbe essere fissata con decreto prefettizio, una vòlta che fosse sancita la disposizione seguente: «Allo scopo di stabilire la data del passaggio alla frequenza unificata le società elettriche predisporranno i programmi di passaggio alla frequenza unificata e quindi li comunicheranno per il benestare agli uffici del Genio Civile competente per zona».

Si dovrebbe inoltre far presente l'opportunità di dare la facoltà alle società elettriche di introdurre nei nuovi contratti, nei rinnovi e anche nei contratti in corso, una clausola che consenta ad esse il passaggio alla frequenza unificata con un congruo preavviso agli utenti (ad es. 6 mesi) nella data da esse determinata.

Un terzo punto messo in discussione fu se il passaggio alla frequenza di 50 p/s deve avvenire a tensione aumentata (e di quanto?) o a tensione costante.

L'esperienza di variazioni di frequenza già attuate con passaggio da 42 a 50 p/s ha dimostrato che la maggior parte dei motori degli utenti possono far funzionare le macchine cui sono accoppiati senza aumento di tensione, e comunque non è escluso che in qualche caso l'utente possa variare la tensione per suo conto o indipendentemente dal fatto che, per non turbare gli interessi di altri utenti, la Società Elettrica mantenga invariata la tensione di distribuzione.

Si riconobbe la convenienza di tener separati i problemi relativi alle due unificazioni. Per quanto riguarda la convenienza di variare il valore della tensione, occorrerà esaminare il problema caso per caso una volta noti i valori delle tensioni unificate.

* *

Corso di perfezionamento in radiotecnica. — Sono aperte le iscrizioni per l'anno accademico 1945-46 al Corso di perfezionamento in Radiotecnica.

Esso comprende i seguenti insegnamenti generali:

Radiotecnica, Prof. Francesco Vecchiacchi; Reti (quadripoli, filtri, linee), Prof. Rinaldo Sartori; Elettroacustica, Prof. Enrico Paolini; Misure (con esercitazioni), Dott. Ing. Fabio Cisotti; Tubi elettronici, Dott. Ing. Leone Pajetta; Fondamenti di telefonia e telegrafia, Dott. Ing. Maurizio Federici.

Saranno inoltre svolti i seguenti corsi monografici:

Onde ultracorte, Prof. Francesco Vecchiacchi; Radiazione e propagazione delle onde elettromagnetiche, Prof. Gen. Carlo Micheletta; Tecnologia dei tubi elettronici, Prof. Luigi Piatti; Acustica architettonica, Prof. Gino Sacerdote; Radioricevitori, Prof. Enrico Paolini; Applicazione delle radioonde alla navigazione, Dott. Ing. Col. Amleto Ciacca; Induttori e trasformatori, Dott. Ing. Giovanni Bozzi; Problemi di telefonia, Dott. Ing. Francesco Lucantonio; Tubi elettronici nelle misure, Dott. Ing. Vittorio Savelli; Radiotrasmettitori, Dott. Ing. Gaetano Parmeggiani.

Le lezioni avranno inizio il 7 gennaio 1946 e termineranno il 30 maggio 1946; esse si svolgeranno dalle ore 17 alle ore 19 nei giorni di lunedì, martedì, mercoledì, giovedì, venerdì, dalle ore 14 alle ore 16 di sabato.

Gli esami seguiranno durante le sessioni estiva ed autunnale e consisteranno in una unica prova vertente sul gruppo delle materie di insegnamento.

*

Al Corso potranno essere ammessi i laureati in Ingegneria, in Fisica ed in Matematica e Fisica che ne facciano domanda al Direttore del Politecnico in carta legale da L. 8, entro il 31 dicembre 1945, allegando i documenti di rito.

Per i laureati in Fisica od in Matematica e Fisica, e per i laureati in Ingegnèria i quali non comprovino di avere sostenuto un esame di Comunicazioni elettriche o materia equivalente, si richiede la frequenza ad un Corso preliminare di avviamento che si inizierà il giorno 15 novembre 1945 e terminerà il giorno 22 dicembre 1945. In questo Corso sarà tenuto un limitato numero di lezioni dai professori Rinaldo Sartori e Fabio Cisotti.

È bandito il concorso per N. 2 posti di allievo interno, di cui uno retribuito con un assegno di L. 10.000 in 5 mensilità posticipate, dal gennaio 1946 al maggio 1946, su presentazione di un attestato di frequenza rilasciato dal Direttore del Corso.

Ai posti di allievo interno possono concorrere i laureati in Ingegneria, in Fisica ed in Matematica e Fisica, che abbiano riportato negli studi universitari una media di voti non inferiore a 27/30.

Per ulteriori schiarimenti e per le iscrizioni rivolgersi alla Segreteria del Politecnico.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

G. GUZZONI: *Gli acciai comuni e speciali.* (Milano, 1945 - Ed. Hoepli - Un volume di 18×25 cm, di 893 pagine, con 583 figure - Prezzo L. 1200).

Quattro edizioni di un libro tecnico in poco più di 10 anni sono certamente un successo non comune che attesta in modo indubbio il valore del libro e il caldo apprezzamento che ne viene fatto negli ambienti competenti.

La quarta edizione del Trattato, ormai classico, del Guzzoni incontrerà certamente la stessa accoglienza delle precedenti delle quali conserva i pregi e il valore; e giustamente l'Editore ha voluto conservare ad essa, ad onta delle difficoltà contingenti, una veste tipografica meritatamente dignitosa ed elegante.

La vastità della materia affrontata non ha spaventato l'A. che, nella sua particolare competenza, ha saputo efficacemente manovrarla e plasmarla estraendo dalla amplissima bibliografia internazionale quanto di veramente utile, di positivo, di tecnicamente pratico vi era.

L'opera non si occupa della produzione dell'acciaio, ma prende le mosse dal prodotto metallurgico finito per studiarne le proprietà fisiche, chimiche e tecniche.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

I primi capitoli hanno carattere introduttivo e riguardano le strutture e le caratteristiche fisiche e meccaniche dei ferri e degli acciai in relazione anche alla loro composizione, alla presenza di costituenti secondari o di impurezze o inclusioni di gas. Un capitolo particolare è dedicato ai fenomeni che accompagnano la colata dell'acciaio.

Si passa poi allo studio delle lavorazioni, in particolare dei trattamenti termici.

Segue una serie di capitoli sugli acciai speciali, al manganese, al silicio, al cromo, al nichel su gli acciai legati, per utensili, per magneti, resistenti alla corrosione o al calore. Ciascun tipo di acciaio è largamente illustrato nelle sue caratteristiche con ricchezza di diagrammi, di tabelle e di dati sperimentali, così da presentare una documentazione veramente completa dei dati di cui la tecnica moderna può disporre. Il testo diventa una fonte preziosa di informazioni per tutti i tecnici interessati nell'impiego di questi materiali fondamentali che sono gli acciai semplici o speciali.

Il penultimo capitolo del libro è dedicato ai procedimenti di indurimento superficiale degli acciai, cioè alla cementazione e alla nitrurazione, operazioni che sono largamente illustrate e discusse nella loro esecuzione e nelle loro conseguenze.

Il volume si chiude con un capitolo di tecnica metallografica nel quale sono raccolte le direttive e i metodi fondamentali per lo studio macrografico e micrografico degli acciai.

La consultazione del grosso volume è facilitata da un indice analitico molto accurato e da un indice alfabetico dei nomi.

*

D. PAPP: *Chi vive sulle stelle?* (Milano, 1945 - Edit. Bompiani - Un volume di 12×21 cm, di 350 pagine - Prezzo L. 200).

Un libro strano come il suo titolo, scritto da un astronomo nutrito di scienza e malato di fantasia, documentato di fatti e abbacinato da un sogno. Un libro di seria impostazione e spesso di contenuto leggero, dove l'A. accumula accanto a fatti accertati, ipotesi ingiustificate ed estrapolazioni arditissime; dove le affermazioni apodittiche sono esposte con tanta spigliata franchezza che il lettore inesperto ne resta preso senza avvedersene; dove la pacatezza dell'osservatore cede spesso il posto a un tono profetico e apocalittico.

È con tutto ciò un libro piacevole e anche istruttivo per chi abbia senso critico; che afferra l'attenzione del lettore e si fa leggere di un fiato.

L'A. profondamente convinto che la vita sia largamente diffusa in tutto l'universo, ne segue i più remoti e lontani indizi di pianeta in pianeta, di astro in astro, colmando di fantasia i baratri di ignoto che separano le scarse oasi delle nostre attuali conoscenze astronomiche. E così giunge fino alle segnalazioni interplanetarie, fino alla visione dei futuri viaggi cosmici!

*

F. PARONELLI: *L'universo è finito o infinito?* (Milano - Edizioni Ultra - Un volume di 15×23 cm, di 83 pagine, con 8 tavole fuori testo e 7 figure - Prezzo L. 20 - Senza indicazione di anno).

Questo interessante volume fa parte di una raccolta intitolata « Che cos'è? » che la Casa Editrice Ultra si propone di iniziare con il compito di divulgazione delle scienze nei più svariati campi.

Il volumetto è inteso a dare una sommaria conoscenza dei più ardui problemi della moderna astronomia, che si ricollegano alla teoria della relatività e alla curvatura dello spazio.

L'Autrice ne prende occasione per dare uno sguardo generale alla costituzione dell'universo accennando con rapidi tratti alla fisica stellare e alle ipotesi sull'universo in espansione o pulsante. Passa poi a una rapida esposizione della relatività per concludere con alcune riflessioni sulla curvatura dello spazio e alla conseguente concezione dell'universo finito e illimitato.

Il libro costituisce una piacevole scorribanda nei campi della moderna astronomia, scritto con forma spigliata e facile, pur sempre rispettosa della serietà scientifica.

Il volume si fa leggere con piacere e con vantaggio da ogni persona colta.

*

M. STELLA — *Il regolo logaritmico e il suo impiego.* (Milano, 1945 - U. Hoepli - Un volume di 12×19 cm, di 79 pagine, con 28 fig. - Prezzo L. 28).

Per ricavare dal regolo calcolatore tutta l'utilità che esso può dare nella esecuzione delle calcolazioni correnti, è necessario acquistare famigliarità con l'uso di tutte le scale che esso contiene, e ciò richiede una certa applicazione ed una guida intelligente.

È quanto si è proposto di fare l'A. in questo opuscolo nel quale viene appunto illustrato, con l'aiuto di molti esempi numerici, l'uso del regolo per la esecuzione di calcolazioni aritmetiche e trigonometriche. Il volumetto può essere veramente utile a chi voglia impratichirsi nell'uso di questo strumento che costituisce ormai un utensile indispensabile per il tecnico.

*

G. ARMELLINI — *Lezioni di Meccanica razionale per ingegneri.* (Milano, U. Hoepli, 1945 - Un volume di 25×17,5 cm, di 355 pagine con 105 figure - Prezzo L. 190).

Questo libro che raccoglie sostanzialmente le lezioni tenute dall'A. al Politecnico di Torino, si distingue per vari aspetti dagli analoghi trattati di meccanica razionale.

Destinato, come dice il titolo, specialmente agli ingegneri, esso è compilato in modo da cercare di valorizzare quanto più è possibile l'intuizione fisica dei fenomeni evitando che tale aspetto delle questioni venga occultato o fatto dimenticare dagli sviluppi analitici. È chiaro come questa impostazione sia più consona alla natura e al compito dell'ingegnere che deve essere sostanzialmente un realizzatore e un costruttore.

Anche nell'ordinamento della materia, l'A. si è staccato alquanto dal metodo classico che considera successivamente le tre grandi branche della cinematica, della statica e della dinamica, mentre qui la materia è divisa in meccanica dei punti, dei corpi rigidi, dei corpi deformabili; disposizione questa che presenta vantaggi di ordine didattico.

La materia trattata è sostanzialmente quella classica dei Trattati di Meccanica razionale, rileviamo però il capitolo riguardante la meccanica dei corpi elastici, che costituisce una introduzione alla teoria dell'elasticità che l'ingegnere deve applicare nella Scienza delle Costruzioni.

Assai utili didatticamente sono gli 88 esempi svolti nel corso del testo, i quali giovano grandemente a facilitare per il lettore la completa comprensione della teoria e principalmente la sua portata pratica. Nel complesso quindi il libro si presenta non soltanto molto adatto per le Scuole di Ingegneria, ma anche per tutti i tecnici che vogliono rinfrescare la loro memoria in questa scienza veramente fondamentale per la formazione di un tecnico superiore.

LA NOSTRA INDUSTRIA

In questa rubrica vengono pubblicate a titolo ***assolutamente gratuito*** *ed a giudizio esclusivo della Redazione notizie riguardanti la produzione e lo sviluppo delle industrie nazionali.*

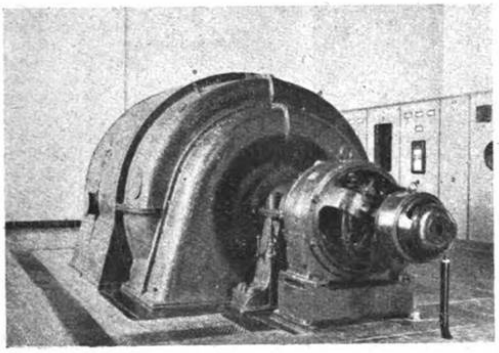
Progressi nell'avviamento dei compensatori sincroni.

Per esigenze di regolazione si impiegano spesso negli impianti elettrici, tra gli altri accorgimenti, anche macchine sincrone prive di carico meccanico, funzionanti sovra o sottoeccitate. Queste macchine, denominate generalmente « compensatori sincroni » possono venir avviate elettricamente a tensione ridotta con l'impiego di autotrasformatori di avviamento, oppure meccanicamente mediante appositi motori.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Nelle installazioni più antiche i motori di lancio venivano previsti con velocità di regime più elevata di quella dei sincroni da avviare (in generale con due poli in meno): il reostato di avviamento permetteva anche la regolazione dello scorrimento cosicchè la macchina sincrona poteva essere portata alla frequenza di rete, dopo di che, con le ordinarie operazioni di parallelo, veniva inserita sulla rete.

Questo sistema di avviamento presentava una certa difficoltà di manovra giacchè non è facile ottenere una regolazione molto fine nella velocità di un motore asincrono regolandone le resistenze inserite sul rotore, specie se il reostato ha un numero limitato di tasti; se poi per ragioni di capacità termica il reostato viene previsto del tipo a liquido, la temperatura del liquido — durante le operazioni di parallelo, specie se prolungate — può raggiungere valori elevati e dar luogo a svolgimento di vapore, il che provoca periodiche variazioni di resistenza a danno della gradualità della regolazione.



Un miglioramento rispetto a questa soluzione venne successivamente realizzato prevedendo i motori di lancio di tipo asincrono-sincronizzato, naturalmente con numero di poli identico a quello del sincrono da avviare. In tal modo non appena ottenuta la sincronizzazione del motore di lancio; il sincrono può essere eccitato e successivamente allacciato alla rete, praticamente senza che occorra controllare gli strumenti di parallelo. Il rotore del motore di lancio deve essere calettato in fase con quello del sincrono, anzi con un certo angolo di anticipo in modo da neutralizzare l'angolo di ritardo del rotore del motore dovuto al carico.

Anche questa soluzione presenta qualche inconveniente: infatti il collettore del motore di lancio, dovendo consentire il passaggio della corrente di eccitazione, deve essere corredato di un numero di spazzole generalmente elevato, spazzole che restando poi permanentemente abbassate durante il funzionamento del gruppo — cioè quando il motore di lancio è elettricamente inerte — danno luogo ad una sensibile usura delle parti a contatto, con conseguente produzione di polvere di carbone, ecc. L'eccitatrice del motore di lancio presenta pure un numero assai elevato di spazzole: sebbene le stesse restino attive solo per pochi minuti in corrispondenza di ciascun avviamento, sono però sottoposte a logorio meccanico per tutta la durata di funzionamento del sincrono, anche quando cioè il motore di lancio con relativa eccitatrice sono trascinati a vuoto e quindi sottoposte ad usura come nel caso del motore.

Per evitare questo inconveniente è stata in qualche caso studiata la possibilità di distaccare il motore di lancio dal sincrono, il che permette anche di risparmiare le perdite per attrito e ventilazione del motore di lancio; questa disposizione non è però scevra da difficoltà: infatti il giunto a disinnesto non può essere del tipo a frizione giacchè in tal caso alla sua inserzione i due rotori potrebbero non trovarsi esattamente in fase (anzi sfasati di quel determinato angolo a cui sopra abbiamo accennato): occorre pertanto adottare un giunto a denti che permetta un collegamento univoco dei due rotori. Un giunto siffatto non può evidentemente venire inserito in marcia, ma solo da fermo: di conseguenza se si verifica in rete una interruzione di corrente di breve durata — ad esempio di pochi secondi — non risulta possibile effettuare il nuovo avviamento del sincrono appena tornata tensione in rete, ma bisogna attendere il completo arresto del gruppo prima di poter richiudere il giunto a disinnesto: ora se la potenza del sincrono è molto elevata il suo arresto può richiedere anche tempi ragguardevolissimi.

Per questo motivo se il motore di lancio è di tipo sincronizzato l'adozione di un giunto a disinnesto è da sconsigliare.

Un notevole miglioramento rispetto ai sistemi sopradescritti è stato realizzato recentemente dal Tecnomasio Italiano Brown Boveri: questa Ditta ha fornito alla Spett. Soc. Comacina, per la Cabina di S. Abbondio, un sincrono da 10 000 kVA, 4000 V, 50 Hz, 1000 giri/min, accoppiato a motore di lancio non sincronizzato. Il motore ha il medesimo numero di poli del sincrono ed è munito di reostato di avviamento del tipo a liquido.

L'avviamento del gruppo dura circa 60 secondi; lo scorrimento con sincrono eccitato risulta di circa il 0,33 %, cosicchè essendo di 50 Hz la frequenza della rete, la frequenza nel circuito di parallelo è di 0,166 Hz: la durata del semiperiodo risulta cioè di circa 3 secondi. Sapendo che il tempo di chiusura dell'interruttore di parallelo è di 0,5 sec e che tale tempo corrisponde a quello impiegato dal voltmetro di fase per andare da 60 V a 0, è chiaro che basta premere il pulsante di chiusura dell'interruttore di parallelo quando il voltmetro di parallelo — in discesa — passa per la graduazione 60 V per essere sicuri di realizzare un parallelo irreprensibile.

Il motore di lancio, come già detto, è sprovvisto di eccitatrice e risulta pertanto evitata l'usura del relativo collettore; esso potrebbe inoltre essere munito di dispositivo di sollevameno spazzole (allo scopo di ridurre il consumo di queste ultime qualora il motore venga lasciato girare in permanenza assieme al sincrono) o meglio di un giunto a disinnesto che in questo caso, non essendo più obbligata la posizione reciproca dei due rotori, potrebbe essere del tipo a frizione, innestabile e disinnestabile in marcia. In caso di mancanza temporanea di corrente della rete, il motore di lancio potrebbe pertanto essere collegato al sincrono mentre questo è ancora in velocità e poi riavviato senza doverne attendere l'arresto.

Oltre a questi vantaggi tecnici la soluzione realizzata dal Tecnomasio presenta anche vantaggi economici giacchè il motore di lancio risulta meno costoso di quello asincrono sincronizzato e anche l'apparecchiatura elettrica risulta più semplice.

Associazione Elettrotecnica Italiana

AEI

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI ROMA

Assemblea Ordinaria dei Soci, 15 aprile 1943. — Assume la presidenza il dott. ing. Salvatore Rebecchini in sostituzione del Presidente dott. ing. prof. Filippo Neri, impossibilitato ad intervenire.

Alle ore 17,30, in seconda convocazione, il Presidente dell'Assemblea dichiara aperta la riunione per la discussione del seguente

ORDINE DEL GIORNO

1 — Relazione della Presidenza;
2 — Presentazione dei Bilanci e deliberazioni relative;
3 — Rinnovo cariche sociali;
4 — Varie ed eventuali.

Il *Presidente* ricorda i seguenti Soci scomparsi in questi anni ed ordina cinque minuti di raccoglimento:

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Soci defunti.

Anno 1939: Massione dott. ing. Filippo; Ailone dott. ing. Ercole.

Anno 1940: Sirovich dott. ing. Giulio; Lazzarini prof. Guido; Buffa dott. ing. Carlo; Ragno prof. Saverio.

Anno 1941: Bonifazi ing. Giovanni; Savini ing. Oscar; De Marco dott. ing. Maria; Gui dott. ing. Romolo; Allievi dott. ing. Lorenzo; Spagnolo dott. ing. Vincenzo; Vallecchi dott. ing. Guido.

Anno 1942: Frattola dott. ing. Enrico; Burri dott. ing. Ferdinando; Canevari dott. ing. Giov. Battista.

Anno 1943: Dalle Molle Giuseppe; Bauer dott. ing. Luigi.

Dopo di che espone, in riassunto, il resoconto dell'attività svolta dalla Sezione durante gli anni 1939-1943, che si riassume come segue:

Conferenze e visite:

Anno 1939: *Conferenze.*

— *Gehrts* prof. dr. *A.*: «Progressi e realizzazioni della Televisione in Germania».

— *Venco* dott. ing. *Giulio*: «Le applicazioni industriali del magnete permanente».

— *Luebcke* prof. dott.: «La lotta contro i rumori nella tecnica».

— *Pasqualini* dott. *Gioacchino* e *Manfredi* dott. ing. *Angelo*: «Proprietà del corpo di risonanza degli strumenti ad arco rilevate con metodi elettroacustici».

— *Gigli* dott. ing. *Ermanno*: «Rigenerazione di antiche condotte forzate».

Visite:

Visita alle Officine Centrali dell'Azienda Tramvie ed Autobus del Governatorato di Roma.
» ai lavori per la sistemazione ferroviaria di Roma.
» al Cantiere della Casa Littoria.
» agli Stabilimenti dell'Istituto Poligrafico dello Stato.
Cerimonia inaugurale dell'Istituto Nazionale di Elettroacustica «O. M. Corbino» del C.N.R.

Anno 1940: *Conferenze.*

— *Cambi dott. ing. Franco*: «Il problema della energia ricavabile dai rifiuti cittadini».

— *Timme* dott. *Adalberto*: «Problemi e progressi della telegrafia».

Visite:

Visita alla Mostra del Materiale Autarchico per l'Edilizia.
» all'impianto di depurazione delle Acqua di Fogna nella Borgata di Primavalle.
» ai lavori della Ferrovia Metropolitana dell'E. 42.
» all'Acquedotto del Peschiera.
» alla Sottostazione dell'A.T.A.G.

Anno 1941: *Conferenze.*

— *Zabelli* dott. ing. *Arnaldo*: «Metodi geofisici per ricerche minerarie».

— *Nuovo* dott. ing. *Mario*: «Moderni perfezionamenti nella tecnica dell'acustica ambientale».

Visite:

Visita al Centro sperimentale di cinematografia.
» allo Stabilimento «Aerostatica Avorio».
» alla nuova Sede dell'Istituto Nazionale Luce presso Cinecittà.
» ai Lavori della Metropolitana.
» all'Aeroscalo della Magliana e del nuovo ponte sul Tevere in località Mezzocammino.
» alla Sottostazione Elettrica della Magliana.
Nell'anno sono state fatte N. 4 proiezioni cinematografiche di documentari.

Anno 1942 - *Visite*:

Visita all'Istituto Sperimentale delle FF. SS.
Nell'anno sono state fatte N. 2 proiezioni cinematografiche di documentari.

Anno 1943: *Conferenze* (dal 1° gennaio al 31 marzo).

— *Salvadori* dott. ing. *Riccardo*: «La visione con gli occhi e senza gli occhi».

Dal 1° gennaio al 31 marzo sono state fatte N. 2 proiezioni cinematografiche di documentari.

Movimento soci dal 1° Gennaio al 31 Dicembre 1939

Anno 1939

Soci individuali

Soci individuali al 31-12-1938		N. 372
» » ammessi nel 1939	N. 85	
» » passati da altre Sezioni	» 9	
		» 94
		N. 466
Soci individuali passati ad altre Sezioni	N. 56	
» » dimissionari	» 16	
» » defunti	» 2	
» » cancellati per ragioni varie	» 1	
» » passati alla Sede Centrale	» 6	
		» 81
Totale soci individuali al 31-12-1939		N. 385

Soci collettivi

Soci collettivi al 31-12-1938		N. 31
» » ammessi nel 1939		» 2
		N. 33
» » passati ad altre Sezioni		» 2
Totale soci collettivi al 31-12-1939		N. 31

Soci juniores

Soci juniores al 31-12-1938	N. 9
» » ammessi nel 1939	» 12
Totale soci junfores al 31-12-1939	N. 21

Riassunto

Soci individuali	N. 385
» collettivi	» 33
» juniores	» 21
Totale soci al 31-12-1939	N. 439

Movimento soci dal 1° Gennaio al 31 Dicembre 1940

Anno 1940

Soci individuali

Soci individuali al 31-12-1939		N. 3
» » ammessi nei293 o00000	N. 7	
» Wassati da altre Sezlan 0000 0	» 21	
		» 28
		N. 413
Soci individuali passati ad altre Sezioni	N. 8	
» » dimissionari	» 7	
» » defunti	» 4	
» » cancellati per ragioni varie	» 3	
		» 22
Totale soci individuali al 31-12-1940		N. 391

Soci collettivi

Soci collettivi al 31-12-1939		N. 31
» » ammessi nell'anno 1940		» 1
		N. 32
Soci collettivi passati ad altre Sezioni	N. —	
» » dimissionari	» 3	
		» 3
Totale soci collettivi al 31-12-1940		N. 29

Soci juniores

Soci juniores al 31-12-1939		N. 21
» » ammessi nel 1940	N. 3	
» » passati da altre Sezioni	» 2	
		» 5
		N. 26
Soci juniores cancellati per varie ragioni		» 1
Totale soci juniores al 31-12-1940		N. 25

Riassunto

Soci individuali	N. 391
» collettivi	» 29
» juniores	» 25
Totale soci al 31-12-1940	N. 445

Movimento soci dal 1° Gennaio al 31 Dicembre 1941

Anno 1941

Soci individuali

Soci individuali al 31-12-1940		N. 391
» » ammessi nel 1941	N. 18	
» » passati da altre Sezioni	» 20	
» juniores passati a soci individuali	» 7	
		» 45
		N. 436
Soci individuali passati ad altre Sezioni	N. 4	
» » dimissionari	» 5	
» » defunti	» 7	
» » cancellati per varie ragioni	» 1	
		» 17
Totale soci individuali al 31-12-1941		N. 419

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Soci collettivi

Soci collettivi al 31-12-1940		N. 32
» » ammessi nell'anno 1941		» 4
		N. 36
Soci collettivi passati ad altre Sezioni		» 2
Totale soci collettivi al 31-12-1941		N. 34

Soci juniores

Soci juniores al 31-12-1940		N. 25
» » ammessi nel 1941	N. 4	
» » passati da altre Sezioni	» 1	
		» 5
		N. 30
Soci juniores passati a socio individuale		7
Totale soci juniores al 31-12-1941		N. 23

RIASSUNTO

Soci individuali	N. 410
» collettivi	» 34
» juniores	» 23
Totale soci al 31-12-1941	N. 470

MOVIMENTO SOCI DAL 1° GENNAIO AL 31 DICEMBRE 1942

Anno 1942

Soci individuali

Soci individuali al 31-12-1941		N. 419
» » ammessi nel 1942	N. 6	
» » passati da altre Sezioni	» 13	
» juniores passati a individuali	» 6	
		» 25
		N. 444
Soci individuali passati ad altre Sezioni	N. 11	
» » dimissionari	» 9	
» » defunti	» 3	
» » cancellati per ragioni varie	» 11	
		» 37
Totale soci individuali al 31-12-1942		N. 407

Soci collettivi

Soci collettivi al 31-12-1941		N. 34
» » ammessi nel 1942		» 1
		N. 35
Soci collettivi passati ad altre Sezioni	N. —	
» » dimissionari	» 1	
» » cancellati per ragioni varie	» 1	
		» 2
Totale soci collettivi al 31-12-1942		N. 33

Soci juniores

Soci juniores al 31-12-1941		N. 23
» » ammessi nel 1942	N. —	
» » passati da altre Sezioni	» 3	
		» 3
		N. 26
Soci juniores passati ad altre Sezioni	N. 2	
» » dimissionari	» 1	
» » passati soci individuali	» 6	
		» 9
Totale soci juniores al 31-12-1942		N. 17

RIASSUNTO

Soci individuali	N. 407
» collettivi	» 33
» juniores	» 17
Totale soci al 31-12-1942	N. 457

MOVIMENTO SOCI DAL 1° GENNAIO AL 31 MARZO 1943

Anno 1943

Soci individuali

Soci individuali al 31-12-1942		N. 407
» » ammessi al 31-3-1943	N. 5	
» » passati da altre Sezioni	» 16	
» juniores passati a soci individuali	» 5	
		» 26
		N. 433
Soci individuali passati ad altre Sezioni	N. —	
» » dimissionari	» —	
» » defunti	» 2	
» » cancellati per varie ragioni	» 5	
		» 7
Totale soci individuali al 31-3-1943		N. 462

Soci collettivi

Soci collettivi al 31-12-1942		N. 33
» » ammessi al 31-3-1943		» 1
Totale soci collettivi al 31-3-1943		N. 34

Soci juniores

Soci juniores al 31-12-1942		N. 17
» » ammessi al 31-3-1943		» 1
		N. 18
Soci juniores passati ad altre Sezioni	N. —	
» » passati a soci individuali	» 5	
		» 5
Totale soci juniores al 31-3-1943		N. 13

RIASSUNTO

Soci individuali	N. 426
» collettivi	» 34
» juniores	» 13
Totale soci al 31-3-1943	N. 473

Per quanto riguarda i bilanci, invita il Tesoriere, dott. ing. Mazzolani, a dare le delucidazioni del caso.

Mazzolani: Questi bilanci consuntivi degli anni 1939, 1940 e 1941, vengono presentati con notevole ritardo, a causa soprattutto della incerta situazione economica nella quale è venuta a trovarsi la nostra Sezione sin dal principio della guerra.

Allorquando fu presentato il bilancio consuntivo del 1938 si nutriva la speranza che non solo si sarebbe raggiunto il pareggio, ma che si sarebbe potuto ammortizzare il debito contratto con la Banca Commerciale Italiana presso a cui a suo tempo furono collocati a riporto i titoli patrimoniali della Sezione. Questa speranza è andata delusa, perchè nel 1939 l'avanzo di amministrazione è disceso a L. 3.750,85 da L. 14.854,20 dell'anno precedente. Nel 1940 l'avanzo è disceso ancora a L. 702,45 e successivamente il bilancio 1941 si è chiuso con un disavanzo di L. 6.765,10.

Le cause di questo rapido peggioramento economico sono varie. Anzitutto è da constatare che le spese ordinarie della Sezione sono state contenute nei limiti consueti, ed anzi nel 1940 subirono una lieve riduzione sugli anni precedenti, ma è aumentato fortemente il contributo alla Sede Centrale che da L. 32.602,50, quale fu nel 1939, è salito a L. 39.520 nel 1941, e ciò in seguito all'aumento delle aliquote corrisposte alla Sede Centrale, senza che questa partita abbia trovato corrispondente entrata nella misura delle quote sociali della Sezione, le quali sono rimaste immutate.

Altra causa, non meno grave del disavanzo, va ricercata nella diminuzione delle entrate. Questa diminuzione è dovuta in parte all'aumentato numero dei soci morosi (e questo sarebbe ancora il minore dei mali trattandosi di partite in gran parte ricuperabili col tempo), ma è dovuto specialmente al fatto che sono venuti a mancare i contributi straordinari che le Aziende industriali di Roma solevano elargire negli anni decorsi. Si tratta complessivamente di un cespite di circa L. 9.000 che è venuto a mancare dopo l'anno 1938.

Nè migliori condizioni si prevedono per l'anno 1942 in cui il *deficit* sarà ancora in aumento, e queste condizioni sono tali da rendere necessaria una revisione delle quote sociali, nel senso quale è stato già consigliato dalla Sede Centrale della Associazione.

Il Presidente aggiunge perciò che si metterà subito in relazione con la Sede Centrale per fissare di comune accordo un adeguato aumento delle quote sociali, uniformandosi a quanto è stato già fatto in altre Sezioni dell'Associazione.

L'Assemblea approva senza discussione i bilanci consuntivi degli anni 1939, 1940 e 1941.

Esaurita l'esposizione dei bilanci, si passa al N. 3 dell'ordine del giorno:

RINNOVO DELLE CARICHE SOCIALI.

Il *Presidente* comunica inoltre che, sempre a norma del nuovo Statuto dell'A.E.I. l'Assemblea deve procedere alla elezione di 4 Consiglieri di Sezione; 5 Consiglieri Delegati; 1 Cassiere, 1 Segretario. A tale riguardo aggiunge che da un gruppo di Soci sono stati proposti i seguenti nomi rispettivamente per la carica a fianco indicata:

Consiglieri di Sezione: Puccioni dott. ing. Corrado; Rovelli dott. ing. Aldo; Silva dott. ing. Giovanni; Virgili dott. ing. Enea.

Consiglieri Delegati: Agosti dott. ing. Ettore; Anastasi dott. ing. Anastasio; Barbieri dott. ing. Giuseppe; Chiodelli dott. ing. Raoul; Gorio dott. ing. Tullio.

Cassiere: Mazzolani dott. ing. Giulio.

Segretario: Puccinelli dott. ing. Vincenzo.

I suddetti nomi proposti vengono eletti all'unanimità.

Pertanto il Consiglio resta così formato:

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Presidente: Rebecchini dott. ing. Salvatore.
V. Presidente: Parvopassu dott. ing. Pietro.
Segretario: Puccinelli dott. ing. Vincenzo.
Cassiere: Mazzolani dott. ing. Giulio.
Consiglieri di Sezione: Puccioni dott. ing. Corrado; Rovelli dott. ing. Aldo; Silva dott. ing. Giovanni; Virgili dott. ing. Enea.
Consiglieri Delegati: Agosti dott. ing. Ettore; Anastasi dott. ing. Anastasio; Barbieri dott. ing. Giuseppe; Chiodelli dott. ing. Raoul; Gorio dott. ing. Tullio.
Ex Presidenti di Sezione: Bordoni dott. ing. Ugo; Del Buono dott. ing. Ulisse; Faranda dott. ing. Alberto; Giorgi dott. ing. Giovanni; Lombardi dott. ing. Luigi; Neri dott. ing. Filippo; Riccioni dott. ing. Nestore; Salvatori dott. ing. Riccardo; Urbinati dott. ing. Mario.

VARIE ED EVENTUALI.

Il Presidente chiede se qualcuno desidera la parola per eventuali comunicazioni da fare.

Nessuno ha nulla da riferire e pertanto il Presidente dichiara chiusa la seduta.

NECROLOGIO

Con grandissimo ritardo ci è pervenuta la dolorosa notizia della morte dell'Ing.

GINO CAMPOS

deceduto il 9 agosto 1944 a Fontanigorda (Val Trebbia) dopo lunga malattia aggravata dalle angustie morali dovute alla Sua dolorosa condizione di perseguitato per ragioni razziali.

Nato il 7 settembre 1876 ad Alessandria di Egitto, da genitori oriundi italiani, il Campos, benchè ufficialmente apolide, si è sempre considerato e sentito profondamente italiano tanto che, dopo lunghe pratiche riusciva ad ottenere, nel 1940, la cittadinanza italiana. E all'Italia Egli ha sempre riservato i frutti dei Suoi studi geniali.

Laureatosi ingegnere a Torino, entrava nel 1902 nella Ditta Olivetti di Ivrea, divenuta poi C.G.S., presso la quale rimase per oltre trent'anni, fino a quando per il progressivo indebolimento della vista dovette ritirarsi a vita privata.

Non certo ai Soci dell'A.E.I., alla quale apparteneva dal 1901 (vitalizio dal 1928), si devono ricordare i numerosi importanti lavori e brevetti del Campos nel campo delle misure e delle protezioni contro le sovratensioni. Vogliamo solo accennare ai Suoi studi sul fattore di potenza nei sistemi trifasi dissimmetrici che lo condussero a quella definizione razionale del fattore di potenza stesso che, dopo lunghe discussioni, fu poi da tutti accettata, ed alla realizzazione del fasometro a variatore di fase e conseguente voltamperometro trifase. E nel campo delle sovratensioni non si può dimenticare che la Sua Comunicazione del 1917 alla nostra A.E.I., costituì uno dei primi esempi di studio razionale di fenomeni intorno ai quali regnava allora il più grande empirismo.

Profondamente modesto e schivo di onori il Campos non volle mai assumere funzioni rappresentative nel nostro sodalizio, ma tanto all'A.E.I. quanto al C.E.I. diede sempre la Sua collaborazione preziosa.

Alla vedova ed alla figlia rinnoviamo qui ancora una volta, a nome di tutta l'A.E.I. le espressioni del più profondo compianto.

*

A seguito di malattia è morto il 14 aprile 1945 a Milano il

Dott. Ing. DECIO MARIA PELLICCIARI.

Socio della Sezione di Milano dell'A.E.I.

Era nato a Milano il 12 settembre 1916.

Si era laureato presso il Politecnico di Milano nel 1938 a pieni voti e lode. Fu vincitore di molte borse fra cui quella di perfezionamento all'estero « Carlo Esterle ».

Iniziò la sua carriera professionale, appena laureato presso la S.A.F.A.R. che presto lasciò per entrare presso la S. A. Allocchio e Bacchini. Alla S.A.F.A.R. sviluppò e fece costruire fra altro, degli oscillografi per uso speciale di Padre Gemelli, Rettore dell'Università Cattolica; si appliçò alla televisione con studi particolari sui ricevitori e trasmettitori e, con applicazioni di laboratorio, sui tubi a raggi catodici.

Nel frattempo risultò vincitore del concorso, secondo in graduatoria, per la nomina a Tenente nel corpo del Genio Aeronautico (G.A.R.I.) in S.P.E. tenuto a Roma nell'ottobre 1941.

Tra gli studi e i lavori compiuti presso la Allocchio e Bacchini si notano: studio e realizzazione di radiolocalizzatori; trasmettitori per ricerche jonosferiche; trasmettitori per televisione; ponti a microonde multicanali, ricevitori e amplificatori a larga banda.

La Sua scomparsa priva la tecnica italiana di una fiorente promessa e di una sicura speranza.

L'A.E.I. si unisce di cuore al vivo rimpianto di quanti Lo conobbero e Lo apprezzarono.

ATTIVITÀ DELLE SEZIONI

SEZIONE DI BOLOGNA (Borsa di Commercio, 248).

29 ottobre - ore 16. — Assemblea Generale Ordinaria dei Soci (in un'aula della Università - Via Zamboni, 33) e conferenza sul tema « Contributo al collaudo dei motori asincroni a gabbia multipla », del Dott. Ing. Prof. Stefano BASILE.

SEZIONE DI FIRENZE (Via delle Belle Donne, 9).

13 ottobre - ore 17. — Conferenza sul tema: « La fisica atomica e le recenti applicazioni belliche » del Prof. Francesco SCANDONE delle Officine Galileo (al Palazzo Capponi - Lungarno Guicciardini n. 1, « Sala del Poccetti »).

27 ottobre - ore 17,15, sempre al Palazzo Capponi. — Lungarno Guicciardini n. 1, « Sala del Poccetti », conferenza del Dott. Ing. Pier Luigi BARGELLINI sul tema: « Alcuni aspetti della moderna radiotecnica americana ».

17 novembre - ore 17,15. — Conferenza sul tema: « Metodi moderni della navigazione aerea » del Dott. Ing. PIER ANTONIO ABETTI, nella « Sala del Poccetti » presso la Sede del Collegio Ingegneri (Palazzo Capponi, Lungarno Guicciardini, 1).

SEZIONE DI GENOVA (Piazza Fontane Marose, 6 - Palazzo Spinola).

5 novembre - ore 18. — Terza riunione dei Radiotecnici.

9 novembre - ore 21. — Conferenza sul tema « Situazione idroelettrica della Liguria », del Dott. Ing. Corrado GENESIO.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 61 D

Apparecchi e dispositivi di manovra, protezione, ecc. – Applicazioni termiche – Applicazioni varie – Convertitori, raddrizzatori, ecc. – Elettrotecnica generale – Illuminazione e fotometria – Impianti – Misure – Telefonia, telegrafia e televisione – Trasmissione e distribuzione – Trazione e propulsione.

Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 68 D

Essiccatore universale per prodotti agricoli – Lampade a incandescenza con riempimento di cripton.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, ECC.

I. Pidoux — **Scaricatori a condensatore per installazioni a corrente continua.** (Bollettino Oerlikon, N. 248, pagina 1595 a 1598, con 6 fig.). **3 b**

La nota si diffonde particolarmente sulla protezione delle reti a corrente continua, specie quelle per trazione, mediante l'impiego di scaricatori. Questi, con l'ausilio di adatti condensatori, riducono la sovratensione ed appiattiscono il fronte dell'onda. In base a condizioni prestabilite un diagramma permette di determinare la capacità del condensatore stesso. L'apparecchio consiste in un condensatore, in serie con una resistenza ed un fusibile ad elevata potenza di rottura. Il condensatore è a sua volta shuntato da una resistenza di scarica. Oscillogrammi mostrano l'efficacia di tale apparecchio: una sovratensione a fronte ripido ed elevata viene trasformata in una di maggiore durata, con fronte appiattito ed ampiezza ridotta. La nota espone poi il modo di determinare la tensione residua dello scaricatore e le caratteristiche del fronte dell'onda partente, ricorrendo ad opportune equazioni fra le diverse grandezze. La pratica consiglia di collocare gli scaricatori a condensatore alle entrate delle linee nelle sottostazioni, ai punti di alimentazione delle catenarie, ed ogni 1 a 2 km lungo le catenarie stesse. In taluni casi converrà montare gli scaricatori sulle locomotive e sulle automotrici. Si richiede che la messa a terra ed il collegamento alle rotaie venga eseguito con molta cura. *E. Rb.*

A. Gantenbein - J. Jockle — **Un nuovo dispositivo di messa in parallelo automatico: il sincronizzatore ultrarapido.** (Bollettino Oerlikon, N. 248, 1944, pag. 1599 a 1606, con 14 fig.). **3 b**

Le premesse per la messa in parallelo di due reti, o di un alternatore e di una rete, sono costituite dal soddisfacimento delle seguenti tre condizioni: 1°) Concordanza delle fasi: nell'istante della chiusura dei contatti, i vettori delle tensioni delle reti da accoppiare devono coincidere; 2°) Eguaglianza di frequenza, delle reti da collegare, entro certi limiti di tolleranza minima; 3°) Eguaglianza di tensione. Vengono dettagliate ed illustrate le tre condizioni e viene mostrato che il dispositivo descritto risponde efficacemente al suo compito. Esso è costituito dai seguenti organi fondamentali: *a*) il sincronoscopio, che serve ad indicare la posizione relativa delle fasi; *b*) il dispositivo di misura della differenza di frequenza, per la valutazione del valore istantaneo di tale differenza; *c*) il dispositivo di ugualizzazione delle frequenze, mediante il quale l'alternatore è portato al sincronismo. Ognuno di questi dispositivi è ampiamente descritto, con figure e schemi di dettaglio. Interessanti appaiono gli oscillogrammi di messa in parallelo: si rileva che anche con variazione della differenza di frequenza dei circuiti da collegare nel rapporto 1 / 40, e con tempi assai diversi di intervento del sezionatore, la messa in parallelo si effettua sempre con uguale precisione. La possibilità di effettuare accoppiamenti in parallelo con elevate differenze di frequenza è interessante nella messa in marcia dei motori sincroni. *E. Rb.*

O. Naef — **Un nuovo relè.** (Bollettino Oerlikon, N. 247, pag. 1581 a 1587, con 7 fig.). **3 e**

Premesse le condizioni base cui deve soddisfare una efficace protezione termica, si passa a descrivere il nuovo relè che viene definito una immagine termica dell'oggetto che esso deve proteggere. Vengono messe in evidenza le varie questioni: curva di riscaldamento e costante di tempo; potenza assorbita; grado di utilizzazione termica ecc. Da esse si rileva: buon adattamento alla curva di riscaldamento delle macchine e delle istallazioni da proteggere, debole potenza assorbita, ciò che consente di utilizzare i riduttori di corrente; sorveglianza permanente dell'installazione per effetto delle segnalazioni che esso consente e di un contatto di sicurezza; compensazione della temperatura ambiente; protezione contro i c.c. ecc. Questo relè comporta una elasticità che consente vaste applicazioni, come per i motori sincroni autoavviatori; motori per laminatoi, motori di centrifughe; trasformatori; forni elettrici, ecc. Illustrazioni d'assieme e di dettaglio, con diagrammi di riscaldamento in funzione del tempo ecc. integrano il testo. Utili tabelle consentono inoltre di effettuare calcolazioni rapide. *E. Rb.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

J. L. Routin — **Sulla applicazione razionale del principio della accumulazione del calore negli apparecchi domestici di riscaldamento elettrico.** (Rev. Gen. Elec., ottobre 1943, pag. 304 a 307). **5 d**

Il riscaldamento elettrico domestico presenta numerosi vantaggi rispetto a quello effettuato con combustibili: rapidità di messa in esercizio, facilità di regolazione della temperatura; soppressione di scorie, ceneri, fumi, ecc.; soppressione dei pericoli di asfissia o esplosione, e di ogni alterazione della atmosfera, ecc. Nel 1939 il primo posto era tenuto dagli Stati Uniti con 5 133 000 cucine elettriche e 547 000 scaldaacqua; seguiva l'Inghilterra con 768 000 cucine e 261 000 scaldaacqua; poi la Germania (491 000 e 123 000), la Francia (229 000 e 78 500), la Norvegia (200 000 e 19 300), la Svizzera (103 000 e 156 000). Con riferimento a 1000 abitanti il primo posto spetta alla Norvegia per le stufe (60 ogni 1000 abitanti) e alla Svizzera per gli scaldaacqua (40 per 1000 abitanti). Mentre l'impiego di una cucina a riscaldamento diretto esige una potenza di 3 a 5 kW, l'ordine di grandezza della potenza impegnata da una cucina equivalente ad accumulazione è molto più basso ed essa può essere automaticamente distaccata nelle ore di punta. Se si dovesse far conto, coi prossimi sviluppi del riscaldamento elettrico, di usare tutte cucine a riscaldamento diretto si sarebbe presto obbligati a rinforzare tutte le linee di distribuzione. Le cucine ad accumulazione permettono di realizzare una rapidità di riscaldamento molto superiore alle altre; così per portare da 15 °C a 95 °C due litri d'acqua in una casseruola a fondo piano di 22 cm di diametro, si sono rilevati i seguenti tempi: cucina ad accumulazione (in media) 4,25 minuti; cucina a gas in regime forzato 6,20 minuti; cucina elettrica a riscaldamento diretto di tipo normale 11,10 minuti; cucina a gas in regime normale 13,10 minuti. L'A. critica i metodi finora usati per determinare la velocità di riscaldamento e propone invece la adozione di un «coefficiente di vivacità» V il quale nel caso di riscaldamento diretto si può esprimere in funzione della potenza superficiale π (in W/cm²) e del rendimento energetico R con la definizione: $V = \pi\, 10^2\, R(0{,}860/60) = 1{,}43\, \pi R$. Per tutte le piastre a riscaldamento diretto si ha $\pi = 4{,}75$ e il rendimento si mantiene molto prossimo

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

D

Biblioteca nazionale centrale di Roma

a 0,55 (partendo da freddo) e a 0,65 partendo da caldo. Si arriva così ad un coefficiente di vivacità dell'ordine rispettivamente di 3,75 e 4,45. Negli apparecchi ad accumulazione il coefficiente di vivacità sarà in generale funzione dello stato di carica dell'accumulatore; converrà rilevare particolarmente il valore di V rispettivamente all'inizio e alla fine di ogni scarica. L'A. svolge alcune considerazioni circa la normalizzazione degli apparecchi di riscaldamento domestici. Propone di ammettere che un apparecchio si consideri capace di Q calorie quando sia in grado di fornire due scariche successive da effettuarsi alle ore corrispondenti ai due pasti principali e che siano proporzionali la prima scarica a $Q \times 0{,}6$ e la seconda a $Q \times 0{,}4$. L'A. indica anche come si dovrebbe procedere alla determinazione del valore Q, e dei valori del coefficiente di vivacità al principio e alla fine della scarica. I dispositivi di regolazione dovrebbero permettere di ottenere almeno 3 regimi di scarica e per il regime meno vivo la ebollizione dovrebbe cessare anche quando l'accumulatore sia caricato a pieno. Infine l'A. rileva come gli apparecchi ad accumulazione non possano avere interesse per il pubblico se non a patto che le tariffe siano studiate in modo da favorirne la adozione. *Ri.*

G. Keller — **Riscaldatore elettrico di secchioni di colata.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 4, pag. 77 a 79, con 2 fig.). **5 v**

Generalmente il riscaldamento dei secchioni di colata viene eseguito nelle fonderie semplicemente rovesciando il secchione stesso sopra un mucchio di carbone acceso; si consumano da 150 a 350 kg di coke per riscaldare un secchione della capacità di 12 tonnellate, oltre a 10 kW di energia elettrica per ventilazione, vale a dire 85 000 calorie per ogni tonnellata di metallo, cioè circa un milione di calorie per ogni operazione di riscaldamento. L'applicazione di un sistema di riscaldamento elettrico può portare a sensibili economie di combustibile. Inoltre col riscaldamento a combustibile non si ha nessun controllo nè della temperatura raggiunta nè della rapidità del riscaldamento e possono quindi verificarsi screpolature nel rivestimento refrattario, imperfezioni di tenuta dei fori di colata, temperatura insufficiente ecc. Il riscaldamento elettrico permette invece di controllare e regolare tutti gli elementi che hanno importanza in questa operazione. Il riscaldamento viene effettuato mediante un corpo scaldante che assorbe 100 kW, da inserire su una rete a 500 V. La potenza è regolabile in due gradini e la temperatura massima è limitata da opportuno interruttore automatico. I resistori possono venire inseriti soltanto se il secchione, che viene disposto capovolto sopra di essi è abbassato fino ai predisposti riscontri; appena il secchione venga, anche di poco, sollevato, la alimentazione di energia ai resistori viene automaticamente interrotta. Come risultato medio ottenuto in un anno di esercizio si può ritenere che per il riscaldamento di un secchione da 12 tonnellate di capacità occorrono circa 220 kWh; il consumo può però variare fra 160 a 440 kWh. Il valore minore si ottiene quando il secchione può essere utilizzato per la colata, appena ha raggiunto la temperatura voluta; il consumo invece cresce, naturalmente, se il secchione deve essere mantenuto caldo per un certo tempo perchè non è pronta la colata. Tale aumento di consumo si verifica evidentemente anche con il riscaldamento a carbone in modo anzi più grave poichè non è possibile regolare automaticamente l'apporto di calore. Il consumo medio di 220 kWh per ogni operazione corrisponde a circa 190 000 calorie, cioè 16 000 calorie per tonnellata di capacità. In confronto al riscaldamento a carbone si ha quindi un risparmio di circa 810 000 calorie, pari a 69 000 calorie per ogni tonnellata di acciaio; il consumo si riduce quindi dal 10 % al 2 % del calore necessario per la fusione dell'acciaio stesso. *N.*

H. I. Lindemann — **Ricerche della Impresa elettrica di Oslo sul riscaldamento di ambienti mediante pannelli scaldanti.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 8, pag. 151 a 156, con 12 fig.). **5 d**

Fino dalla prima guerra mondiale l'Impresa elettrica di Oslo tentò la diffusione del riscaldamento elettrico degli ambienti domestici ma il tentativo, eseguito con stufe elettriche ad accumulazione, fu poi abbandonato. Nel 1935 l'argomento fu ripreso adottando però il sistema moderno dei pannelli radianti. Le prime esperienze dimostrarono la grande importanza di una razionale installazione dei pannelli; è citato il caso di una scuola dove i pannelli installati sopra le finestre non diedero risultati soddisfacenti, mentre l'esito fu assai buono quando essi vennero invece installati sotto alle finestre stesse. Si eseguirono ricerche teoriche sulle relazioni fra calore emesso per radiazione e per convezione da una superficie verticale liscia; si riconobbe che a 100 °C le due quantità di calore all'incirca si equivalgono. I pannelli usati in Norvegia consistono in una piastra dello spessore di 2 a 3 cm che viene fissata alla parete; la temperatura media della faccia anteriore è di circa 75 °C a quella della faccia posteriore di 50 °C; il carico medio è di circa 11,5 W/dm². L'na emissione di calore, ad onta degli isolamenti, avviene anche dalla faccia posteriore e da quelle laterali cosicchè il calore raggiato dalla faccia anteriore risulta praticamente soltanto del 25 a 30 %. La pretesa possibilità di tenere più bassa la temperatura ambiente, col riscaldamento a radiazione, ha quindi valore soltanto per le persone che si trovino nelle immediate vicinanze dei pannelli radianti. Mediante rilievi termometrici si studiò come si distribuisce la radiazione del calore da parte di un pannello radiante nello spazio di fronte ad esso; si riconobbe che l'effetto di radiazione decresce assai rapidamente con l'aumentare della distanza e si rende praticamente insensibile già a 4 m di distanza. Altri rilievi eseguiti in una camera scaldata una volta con pannelli radianti posti sotto le finestre e un'altra volta con una stufa a cok dimostrarono che nella zona più bassa della camera la temperatura è pressochè eguale nei due casi ma, mentre coi pannelli radianti la temperatura aumenta di poco coll'altezza, nel caso della stufa tale effetto è molto sensibile e presso il soffitto si trova una temperatura alquanto più elevata che presso il pavimento. Allo scopo di confrontare efficacemente fra loro i vari metodi di riscaldamento venne costruita una speciale camera di prova; essa poggiava su un basamento mantenuto a temperatura costante di +10 °C; le pareti sono molto leggere, costituite da due strati di materiale legnoso sintetico con una camera d'aria interposta contenente fogli di alluminio. Sulla parete sono sistemati dei pannelli e nella camera venivano posti numerosi apparecchi termometrici; la potenza applicata ai pannelli veniva mantenuta a 1000 W. L'A. riporta l'andamento delle curve isotermometriche rilevate entro la camera prima con pannelli ordinari e poi con pannelli a isolamento termico rinforzato sulla faccia posteriore. In questo ultimo caso la distribuzione della temperatura è migliore e la temperatura media risulta di circa 1 °C superiore. Per ottenere una temperatura media eguale nei due casi, bisognava aumentare di circa 35 W la potenza applicata ai pannelli senza isolamento rinforzato. *N.*

APPLICAZIONI VARIE.

A. Ochsner — **Comando Oerlikon con ripartizione automatica del carico per macchine a stampare.** (Bollettino Oerlikon, N. 248, pag. 1589 a 1595, con 15 fig.). **6 c**

In generale per ripartire convenientemente un carico su motori trifasi a collettore, accoppiati meccanicamente, si ricorre all'impiego di servomotori comandati ciascuno da un regolatore automatico di potenza. La nota descrive ed illustra un apparecchio caratterizzato dal fatto che i servomotori assicurano essi stessi la ripartizione del carico e che permette quindi di sopprimere i regolatori. Vengono premessi schemi vari illustranti: il principio su cui è basato il comando con motori trifasi shunt a collettore con ripartizione automatica del carico; il servizio dissimmetrico con servomotore trifase; l'influenza reciproca dei circuiti di tensione e di corrente durante la manovra; e diagrammi vettoriali dei servomotori e dei motori principali; il modo di inserzione e funzionamento dell'apparecchio descritto. Questo è essenzialmente costituito da un relè di comando, un relè ausiliario, un trasformatore ausiliario, due trasformatori di corrente. Vengono illustrate diverse applicazioni e viene concluso col rilevare che il comando con ripartizione automatica del carico permette di trasformare una macchina comandata da un motore in un gruppo di due o più macchine parziali a comando individuale accoppiate meccanicamente fra di loro. *E. Rb.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

J. Augier — **Alcune considerazioni sui convertitori raddrizzatori ad altissima tensione.** (Rev. Gen. Elec., settembre 1943, pag. 259 a 263, con 3 fig.). **10 a**

Nel caso della conversione di corrente alternata in continua ad altissima tensione, la caduta di tensione dell'arco diventa trascurabile di fronte alla tensione raddrizzata e il costo del raddrizzatore diventa una frazione relativamente minima del costo totale dell'installazione; queste condizioni, ben diverse da quelle che si verificano nella maggior parte degli attuali impianti di raddrizzatori, fanno nascere il problema se i montaggi classici, o montaggi aperti utilizzando raddrizzatori polianodici, siano o no preferibili ai montaggi chiusi, o montaggi Graetz, utilizzando raddrizzatori monoanodici e quali siano le varianti più convenienti di questi montaggi. L'A. avverte che questo studio è in gran parte un'anticipazione poichè i raddrizzatori monoanodici a cui si riferisce non esistono ancora. In generale gli schemi Graetz portano a costruzioni più onerose e più complicate sia per i raddrizzatori propriamente detti sia per gli ausiliari. Dal punto di vista della sicurezza del funzionamento è indifferente usare schemi aperti o schemi chiusi. Gli schemi chiusi però presentano il vantaggio di una eccellente utilizzazione del trasformatore: le dimensioni da dare al secondario corrispondono soltanto a una potenza superiore a quella normale di 5 a 11 % secondo che si considerano schemi Graetz trifasi o monofasi. La installazione riesce più facile perchè con lo schema Graetz trifase bastano 3 passanti ad alta tensione al secondario del trasformatore e 3 connessioni fra trasformatori e valvole mentre ne occorrono 8 nel caso del montaggio aperto doppio trifase; ciò ha importanza quando si tratta di tensioni di parecchie centinaia di kV. Nel complesso, tenuto conto che per le altissime tensioni, il costo del raddrizzatore ha piccola influenza sul costo totale, si può affermare che gli schemi Graetz sono preferibili a quelli aperti. Si potrebbe ritenere che l'accoppiamento monofase dovesse essere preferibile perchè permette di far corrispondere uno stadio di raddrizzamento ad ogni colonna del trasformatore e dovrebbe permettere di ottenere la tensione massima con lo stesso numero di passanti; ma un esame più preciso della questione mostra che i due schemi sono pressochè equivalenti, anzi il montaggio trifase appare leggermente preferibile perchè dà luogo a una utilizzazione un poco migliore del trasformatore. La scelta fra i due schemi dipenderà essenzialmente dal tipo di raddrizzatore. L'A. svolge poi una analisi dei fenomeni che riguardano i ritorni d'arco nei raddrizzatori in generale. Osserva poi che l'uso di valvole monoanodiche permetterebbe di agire sulla frequenza dei ritorni d'arco. Si tratta come è noto, di un fenomeno retto dalle leggi della probabilità e si può quindi agire su di questa passando da una probabilità semplice a una probabilità composta: cioè montando parecchie valvole monoanodiche in serie. Si potranno così ottenere condizioni di grande sicurezza di funzionamento anche con valvole cattive che renderebbero impossibile il funzionamento isolato. Dato un tipo di valvole che dia in media un ritorno d'arco ogni minuto, essendoci 6 valvole, la probabilità che una sia sede di un ritorno d'arco in una data commutazione risulta di 1/18 000; montando due valvole in serie, la probabilità di un ritorno d'arco scende a uno su 540 × 900 commutazioni, cioè una ogni 40 ore. L'influenza di un ritorno d'arco nei raddrizzatori a più stadi è del resto assai meno grave che negli impianti normali ad un solo stadio di raddrizzamento. Si può ancora chiedere se sia preferibile scegliere raddrizzatori a macchia catodica mantenuta da archi ausiliari o raddrizzatori a ignitron con adescamento sincrono; l'A. ritiene i due tipi di raddrizzatori completamente equivalentisi sotto ogni aspetto. *Ri.*

ELETTROTECNICA GENERALE.

M. Tournier - M. Ceccaldi — **Applicazione del calcolo tensoriale all'elettrotecnica.** (Rev. Gen. Elec., ottobre 1943, pag. 309 a 319, con 5 fig.). **15 a**

Con riferimento ad un articolo precedente nel quale hanno indicato alcune regole fondamentali del calcolo tensoriale applicandole al calcolo delle reti elettriche, gli AA. si propongono nel presente articolo di generalizzare tali applicazioni estendendole al caso di elementi elettrici variabili. In particolare suppongono che detti elementi siano in relazione con organi meccanici mobili; vale a dire che si occupano della elettrodinamica applicata alle macchine. Il problema fondamentale è il seguente: data una macchina, cioè un insieme di conduttori avvolti gli uni su un'armatura fissa (statore) e gli altri su una parte mobile (rotore) interconnessi fra loro e collegati a circuiti esterni, trovare la distribuzione delle correnti nei diversi circuiti tenendo conto delle leggi della meccanica e del magnetismo. Viste sotto questo aspetto generale tutte le macchine sono paragonabili fra loro e un carattere essenziale del metodo di calcolo è appunto quello di fornire una regola, in un certo senso meccanica, applicabile a tutti i casi. La macchina comporta n avvolgimenti caratterizzati da n^2 impedenze, fra le quali vi sono le n impedenze proprie dei circuiti e $n\,(n-1)$ induttanze mutue. Si suppone che la rete sia percorsa da correnti alternate di eguale pulsazione. Le relazioni che esprimono l'interdipendenza delle correnti e delle differenze di potenziale sono lineari quando tutte le grandezze che intervengono nel problema sono rappresentate da quantità complesse. Nel caso dei sistemi deformabili, o delle macchine, bisogna tener conto delle forze elettromotrici che generano le variazioni di flusso attraverso gli avvolgimenti in relazione al movimento relativo di essi. In tutti i casi nei quali questo movimento può essere tradotto in variazione periodica delle induttanze mutue durante il tempo, la frequenza di variazione è in relazione semplice con la velocità della macchina. Altre ipotesi approssimative che si fanno sono quelle che le resistenze e le induttanze proprie e mutue non dipendano dall'intensità delle correnti (non si tiene conto della saturazione del ferro) e quella che le induzioni mutue varino in funzione dell'angolo che fanno gli assi delle due bobine secondo una legge sinusoidale. Gli AA. richiamano un teorema dovuto a Boucherot per dimostrare come in esso si contengano già gli elementi essenziali del metodo in questione. Esaminano poi la applicazione pratica del metodo stesso a una macchina elettrica fittizia, mettendo in evidenza come basti determinare certi elementi di essa per ritrovare le varie macchine elettriche particolari. Vengono poi studiati alcuni problemi particolari fra i quali il caso di un motore a corrente alternata a collettore, quello di un motore a repulsione e quello di un motore misto tipo Latour. Lo studio termina con l'applicazione del calcolo tensoriale ad un motore a induzione asincrono, a gabbia di scoiattolo. Gli AA. osservano che la nozione di macchina generalizzata non è indispensabile ma che essa porta ordine e metodo nei calcoli, ed è un ausilio prezioso; essa corrisponde alla rappresentazione delle proprietà fisiche della macchina indipendentemente dalle connessioni particolari fra i circuiti e indipendentemente anche dalla posizione particolare delle spazzole. L'insieme delle componenti del tensore delle impedenze rappresenta le proprietà fisiche intrinseche dei circuiti della macchina; la matrice di trasformazione rappresenta le connessioni fra i circuiti e la posizione particolare delle spazzole. Macchine molto differenti ma derivanti da una stessa struttura possono essere studiate a partire dallo stesso tensore di impedenze; esse corrispondono a casi particolari della matrice di trasformazione; tutte le macchine multipolari possono essere studiate come macchine bipolari e tutte le macchine polifasi come macchine bifasi. Il metodo tensoriale rappresenta una sintesi importante nello studio dell'elettrotecnica. *Ri.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

J. Loeb — **Studio di un circuito per ridurre le oscillazioni delle lampade a scarica.** (A.S.E. Bull., 8 marzo 1944, pag. 111 a 117, con 12 fig.). **19 d**

Le lampade a scarica non possono funzionare senza un apparecchio che stabilizzi l'intensità di corrente a un valore finito altrimenti, in causa della resistenza cosidetta negativa della lampada, la corrente aumenterebbe indefinitamente fino alla distruzione della lampada. Tale accessorio è di solito una bobina di autoinduzione la quale permette di ridurre al minimo le oscillazioni luminose e non consuma energia. Come è noto durante il funzionamento delle lampade a scarica la caduta di tensione resta pressochè costante, indipendentemente dal valore della corrente; ma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

dopo lo spegnimento la lampada non può riaccendersi se non si applica una tensione di accensione assai più elevata e che dipende dal tipo di lampada; la tensione di riaccensione aumenta col crescere della durata dello spegnimento. La lampada si spegne appena la tensione applicata scende sotto al valore costante di scarica e nel semiperiodo successivo (se è alimentata a corrente alternata), si riaccende soltanto quando la tensione ha superato quella di riaccensione; il tempo in cui la scarica manca è apprezzabile e da esso dipendono le oscillazioni luminose. Introducendo in circuito una autoinduttanza, la corrente non può annullarsi che dopo un certo tempo dal passaggio della tensione per lo zero; si può fare in modo che quando la corrente si annulla, la tensione sia già risalita al valore di riaccensione e così si riduce a zero il tempo di spegnimento. Si va incontro però all'inconveniente del basso fattore di potenza introdotto dalla autoinduttanza. Si può pensare di ridurre l'effetto delle oscillazioni luminose disponendo accostate due lampade sfasate in modo che il passaggio della corrente per lo zero non coincida; si può realizzare un tale dispositivo mediante stabilizzazione di una lampada con autoinduzione e dell'altra con un condensatore. Si riconosce però che con la introduzione in circuito semplicemente di un condensatore in serie si otterrebbe un periodo di spegnimento ancora più grande che usando per la stabilizzazione una resistenza ohmica. Meglio si riesce allo scopo se si adotta invece di un semplice condensatore, un gruppo composto di una bobina di autoinduzione in serie con un condensatore e introducendo il gruppo stesso in serie con la lampada. Bobina e condensatore devono essere proporzionati in modo che il gruppo presenti impedenza capacitiva per la frequenza fondamentale della corrente e impedenza induttiva per le armoniche. L'A. si occupa specialmente del caso delle lampade luminiscenti a bassa pressione tipo TL. Installando a fianco di un tubo TL in inserzione normale un altro tubo munito del dispositivo suddetto, le oscillazioni vengono ridotte insensibili, mentre il fattore di potenza (che di solito è di circa 0,5) viene elevato a oltre 0,95. Il funzionamento reale di un tale gruppo è stato studiato mediante l'oscillografo catodico e l'A. riporta parecchi rilievi eseguiti. Mediante cellule fotoelettriche si sono anche rilevate le oscillazioni luminose; esse sono risultate del 50 % per il montaggio normale e del 23 % per il montaggio speciale; l'effetto visuale è ancora migliorato dal fatto che, col montaggio speciale, la frequenza dell'ondulazione riesce raddoppiata. Qualche accorgimento speciale va preso per assicurare l'innescamento iniziale del tubo. Si dispone in parallelo con esso un piccolo tubo al neon che si accende all'applicarsi della tensione e provoca l'intervento di una lamina bimetallica che esclude il condensatore, permettendo che la corrente assuma un valore tale da portare all'incandescenza gli elettrodi e così provocare l'innescamento della lampada. *Ri.*

IMPIANTI.

La centrale di Génissiat sul Rodano. (E. Verwertung, 1944-45, N. 4, pag. 86 a 93, con 10 fig.). **20 i**

La navigabilità del Rodano implica la costruzione di importanti impianti idraulici sul corso superiore del fiume. La scelta della località di Génissiat, in confronto a quelle, pure prese in considerazione, di Grésin e Bellegarde, è dovuta alle favorevoli condizioni locali; con una diga non molto estesa si può realizzare un invaso notevolissimo senza ulteriori opere accessorie; le condizioni del terreno sono buone; le vicine linee ferroviarie facilitano l'apporto dei materiali. La presenza, a monte, del lago di Ginevra garantisce la regolazione delle portate. Per la esecuzione era stata preventivata una spesa di 500 milioni di franchi, ma già alla fine del 1942 se ne erano spesi 645 milioni e non è possibile prevedere a quanto ammonterà la spesa totale di costruzione dell'impianto. I primi lavori di terra cominciarono nel 1937. Una delle maggiori difficoltà incontrate fu quella di mettere a secco il fondo del letto del fiume per eseguire le fondazioni della diga. Nel luogo prescelto il fiume ha una profondità d'acqua da 5 a 10 m e data la conformazione della gola, la deviazione della corrente poteva farsi soltanto mediante gallerie nella roccia. Si scavarono a questo scopo nei due fianchi della gola montana due canali lunghi rispettivamente 500 a 600 m, larghi 11,4 m e alti 8,65 m; essi permettono di scaricare una portata di 1300 m³/sec, valore che, dalle statistiche, viene superato soltanto una volta ogni 5 anni. Messo a secco il letto del fiume e asportata una coltre alluvionale di 25 m di altezza, si iniziò lo scavo delle fondazioni. Un'altra difficoltà era costituita dalla grande velocità della corrente del Rodano che bisognava ridurre per evitare nuovi apporti eccessivi di materiale solido. Vi si provvide mediante un metodo già impiegato dall'ingegnere russo Isbach nella costruzione delle dighe sul Nivà e sullo Svir e consistente essenzialmente nella costruzione a monte e a valle della diga di sbarramenti rocciosi atte a frangere la velocità della corrente; si tratta di un ammasso di 25 000 a 35 000 m³ di blocchi rocciosi pesanti da 25 a 160 kg. Per queste lavorazioni preventive, che richiesero in media il trasporto di mezzo milione di m³ di materiale, si installarono nel primo periodo dei lavori, 4 funivie e 2 linee ferroviarie e si costruì inoltre una strada per veicoli pesanti. La costruzione dei due massicci rocciosi fu eseguita mediante due grue a ponte della luce di 70 m. Per la protezione degli scavi durante i lavori, si costruì a monte una diga ausiliaria e un muraglione in calcestruzzo alto 40 m. Purtroppo nel giugno 1940 per ragioni di guerra tutto il cantiere fu allagato e solo nell'anno seguente si poterono riprendere le operazioni di gettata del cemento della diga. Questa produce un lago artificiale lungo 23 km, ad acque basse, con una capacità di 52 milioni di m³, con una superficie di 350 ettari. L'altezza normale di ritenuta sul livello del fiume è di 65 m. La diga del tipo massiccio avrà una altezza massima di 101 m e una larghezza di 100 m alla base. La portata disponibile è in media di 380 m³/sec ma scende a 130 m³/sec in periodo di acque basse (circa 10 giorni all'anno) mentre può salire a 3000 m³/sec in tempo di piena. Per lo scarico delle piene servono un canale superficiale lungo 500 m, di 150 m² di sezione che scarica a valle della diga in sponda destra, e la galleria in sponda sinistra; insieme essi possono smaltire una portata di 4300 m³/sec. La centrale è costruita a ridosso della diga e si svolge parallelamente ad essa immediatamente a valle; è coperta da un solettone in calcestruzzo, a prova di bomba, raccordato al paramento della diga. È prevista la installazione di 6 gruppi generatori per una potenza totale di 498 000 kW e una produzione annua di 1,8 miliardi di kWh. Le tubazioni dei primi 4 gruppi saranno dimensionate in modo da potere in seguito alimentare turbine da 83 000 kW. Inizialmente saranno installati 4 gruppi con turbine da 67 500 kW, a 240 giri/min, pesanti 600 tonellate, e accoppiate ad alternatori trifasi da 65 000 kW a 12 kN, 50 p. s. Sarà inoltre installata una sottostazione di trasformazione con 4 trasformatori da 70 000 kW, 15/220 kV. In un secondo tempo si installeranno altri 2 gruppi da 83 000 kW e in un terzo tempo i primi 4 gruppi saranno sostituiti con altri, pure da 83 000 kW. N.

MISURE.

M. Roesgen — **Il dispositivo di misura della sottostazione trasformatrice di Verbois.** (A.S.E. Bull., 22 marzo 1944, pag. 129 a 135, con 3 fig.). **28 e**

La sottostazione di Verbois ha il compito di stabilire il collegamento fra la centrale e le reti svizzere e francesi. Gli alternatori della centrale producono energia a 18 kV e a tale tensione alimentano direttamente la rete locale di Ginevra; il collegamento con la rete svizzera è effettuato a 125 kV e quello con la rete francese a 150 kV. A tale scopo sono stati installati 2 trasformatori a 3 avvolgimenti separati; gli avvolgimenti a 18 kV e quelli a 125 kV sono muniti ciascuno di un regolatore a gradini; è così possibile effettuare gli scambi di energia nei due sensi fra le tre reti fino alla concorrenza di una potenza eguale a quella del trasformatore, cioè di 25 000 kVA. Possono verificarsi 6 casi diversi di scambi di energia, che l'A. illustra in una tabella. Ognuno dei 3 enti interessati deve conoscere non soltanto la quantità di energia che ha ricevuto ma anche la parte di tale fornitura che egli deve attribuire a ciascuno dei due altri enti. Lo studio di questi casi possibili porta a concludere che, per misurare esattamente e separatamente per ciascun ente l'energia fornita o ricevuta rispetto agli altri due, è necessario disporre, su ciascuno dei 3 circuiti, 4 contatori alternativamente messi in servizio o arrestati secondo il regime degli scambi. Tale inserzione o

Biblioteca nazionale centrale di Roma

esclusione deve naturalmente effettuarsi automaticamente. Nella realizzazione adottata ogni circuito porta due contatori con due dispositivi di misura. Ogni contatore, relativo a uno dei due sensi di scambio dell'energia, registra su uno o l'altro dei due dispositivi nei due casi di scambio di energia, e resta inattivo nel terzo caso nel quale la registrazione è inutile. Questo arresto è provocato da un relè di blocco azionato elettricamente, mentre un semplice arresto meccanico impedisce la marcia indietro del contatore. La messa in marcia e l'arresto di ogni contatore sono determinati dal senso della energia considerata a un dato istante in ciascuno dei tre circuiti. Si può quindi provocare tali manovre mediante 3 relè wattmetrici di senso d'energia, intercalati ciascuno in uno dei circuiti del trasformatore; questi 3 relè sono connessi in serie di modo che l'eccitazione dei fili di comando dei relè di blocco è effettivamente determinata dal regime delle 3 reti considerate in un dato istante. L'A. illustra gli schemi dei circuiti ed esamina poi a fondo il problema di tenere conto delle perdite di trasformazione. Bisogna determinare le perdite nel rame di ciascuno degli avvolgimenti per ciascun regime separatamente. Si è così condotti ad aggiungere a ciascuno dei contatori principali un contatore di perdite anch'esso a doppio dispositivo, con relè di blocco e impedimento della marcia indietro. La cosa è complicata dal fatto che le disposizioni contrattuali relative al punto di misura dell'energia non sono simmetriche e quindi le perdite devono essere ripartite in maniera non simmetrica. Le perdite nel ferro vengono ottenute col calcolo. Una volta determinate tutte le perdite per ciascun avvolgimento e per ogni regime di carico, si deve introdurle nel calcolo dei valori netti delle singole forniture. La ripartizione delle perdite può essere fatta secondo diversi principi e l'A. ne illustra i 3 principali: ripartizione in base al quadrato delle potenze parziali, ripartizione in base ai valori semplici delle potenze parziali, ripartizione in base al quadrato delle energie. Il caso in cui uno dei 3 enti interessati non sia in servizio va esaminato a parte; esso porta a qualche difficoltà nella esecuzione dei relè. Il dispositivo di misura, messo in servizio nel 1943, si è comportato in modo pienamente soddisfacente. *Ri.*

W. Borel - W. Kessler — **Dinamometro Oerlikon.** (Bollettino Oerlikon, N. 246, pag. 1576 a 1580, con 8 fig.). **28 c**

È denominato anche bilancia elettromagnetica e serve a misurare la coppia dei motori e delle macchine rotanti, per determinarne la potenza e quindi il rendimento. Trascinato da un motore (Diesel, turbina, motore elettrico, ecc.) funziona da generatrice e permette di misurare la potenza sviluppata; accoppiato invece ad una macchina utensile, una pompa, un ventilatore, un ingranaggio, ecc. lavora da motore ed indica la potenza assorbita. Esso differisce da una macchina elettrica normale specie nella carcassa, la quale, montata su supporti, oscilla. La coppia elettromagnetica indicata dal dinamometro quando si raggiunge l'equilibrio con l'ausilio di pesi addizionali, fornisce la coppia sviluppata dal motore che lo comanda. Inversamente, se il dinamometro trascina una macchina assorbente una certa coppia, la corrente rotorica esercita una coppia contraria sulla carcassa: questa tende a girare in senso opposto, e la si riporta nella posizione di equilibrio mediante pesi. Come è noto, la coppia assorbita o sviluppata all'albero del dinamometro, espressa in kgm, è uguale al prodotto del braccio di leva in m, per il peso in kg, messo sul piatto. La potenza si ricava agevolmente da $N = M \cdot n / 975$ kW, dove M è la coppia in kgm ed n il numero dei giri al minuto. Con un braccio di leva, di 0,975 la formula diventa $N = Pn / 1000$ kW, dove P è il peso messo sul piatto. Quest'apparecchio consentirebbe un'esattezza di misura fino al 99,9 %, una sensibilità fino al 3 %, una estesa variazione della velocità, ecc. *E. Rb*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

Le telecomunicazioni internazionali - Prospettive future. (Journal Télécomunications, settembre-ottobre 1944, pag. 137 a 146). **38 a**

Il campo della telefonia internazionale era prima della guerra ancora assai limitato ma era facile prevedere grandi sviluppi. L'Inghilterra era collegata con 5 vie radio verso l'America, una verso l'Australia, l'India, il Canadà e l'Africa meridionale. Come è noto su grandissime distanze non è possibile ottenere un servizio permanente sempre sulla stessa onda e in certe parti della giornata nessuna onda riesce efficace. Migliori sono le condizioni per la telefonia transcontinentale quando esistono circuiti metallici; l'Inghilterra aveva 200 collegamenti in cavo con il resto d'Europa. È certo che la telefonia a grande distanza dovrà svilupparsi moltissimo in tutta Europa; basti pensare che fra Londra e Mosca vi era una sola linea. Ma tale sviluppo si potrà avere soltanto se si ricorrerà alla nuova tecnica delle frequenze portanti; prima della guerra la rete europea a grande distanza era quasi esclusivamente in cavi caricati con ripetitori nella banda delle frequenze acustiche. Un grande progresso è stato effettuato con l'adozione, per le chiamate, di correnti a frequenza vocale che attraversano gli amplificatori e possono essere usate per trasmettere impulsi atti a formare un numero di chiamate. Non vi sono difficoltà tecniche insormontabili per stabilire un sistema di selezione automatica a grande distanza; si tratta più che altro di una questione di convenienza economica. Tenuto conto dell'affollamento delle onde nell'etere si deve ritenere che il grande sviluppo della telefonia intercontinentale dipenderà dalla possibilità di collegamenti metallici. Una prima soluzione sarebbe quella di stabilire collegamenti telefonici per via di terra senza tener conto di considerazioni di ordine politico sul percorso delle linee; si potrebbe in tal modo abbreviare assai i tratti di cavi sottomarini nei collegamenti lontani con grande vantaggio nelle comunicazioni telefoniche, e la possibilità di adottare molti canali con frequenze portanti. Un'altra soluzione sarebbe quella dell'impiego di ripetitori sommersi. Sotto questo aspetto si sono fatti progressi assai promettenti. Un tipo sperimentale di tali apparecchi viene descritto; la cassa impermeabile è cilindrica con diametro esterno di circa 40 cm, lunga 150 cm circa; il ripetitore è a 3 stadi e in ogni stadio sono previsti 3 tubi termoionici che possono essere utilizzati in una combinazione qualunque, restando alimentati soltanto i tubi in servizio. L'energia è fornita al ripetitore dalla estremità del cavo mediante corrente continua di 0,63 A a 200 V. Il guadagno dell'amplificatore è di 70 decibel a 504 kHz. Il ripetitore, messo in servizio da qualche tempo, ha dato buoni risultati. Queste direttive permetterebbero grandi progressi nella telefonia intercontinentale. Per quanto riguarda la telegrafia si è in presenza di una tendenza trasformatrice adottando per le trasmissioni a distanze non troppo piccole la trasmissione con frequenze vocali, con 18 canali simultanei per ogni doppino e usando apparecchi telescriventi. Per favorire lo sviluppo di tale tendenza bisogna però naturalmente che si arrivi a precisi accordi internazionali. Lo stesso può dirsi per la diffusione dei sistemi di trasmissione di immagini, fotografie, ecc. Un grande avvenire sembra anche riservato ai sistemi di collegamento con telescriventi. Per le comunicazioni radio è necessario addivenire a una revisione delle attuali distribuzioni delle onde. Alle comunicazioni radio sono intimamente rilegate le questioni relative alla televisione la quale indubbiamente riceverà un grande impulso dalle necessità manifestatesi durante la guerra. *Ri.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

K. Wesche — **Dispositivi accessori nelle reti a media tensione equipaggiate con interruttori a richiusura.** (E. Wirtschaft, 5 marzo 1944, pag. 60 a 63, con 3 fig.). **40 d**

Lo scatto degli interruttori provvede, con l'eliminazione dei cortocircuiti entro 0,1 a 0,2 secondi, a impedire quasi sempre che le elevate correnti di cortocircuito producano la fusione di conduttori o gravi guasti agli isolatori; così avviene di solito per i cortocircuiti dovuti a scariche atmosferiche. Tuttavia avviene spesso che gli archi che si formano danneggino più o meno i conduttori, pur senza interrompere il servizio, riducendo ad esempio la loro resistenza meccanica, in modo che si rende opportuno poter verificare i conduttori nel punto dove l'incidente si è prodotto. La individuazione della località dell'incidente è però più difficile nelle reti munite di interruttori a richiusura che

Biblioteca nazionale centrale di Roma

in quelle alimentate da cabine ordinarie, per varie ragioni che l'A. espone. Per rimediare a tale inconveniente si sono adottate, in una rete tedesca, apparecchiature speciali che l'A. descrive. Un primo dispositivo è destinato a segnalare quale sia il conduttore su cui l'incidente si è verificato. A tale scopo ogni interruttore è munito di segnalazione a cartellino cadente montato in modo che il suo funzionamento dipenda dalla intensità di corrente e che la caduta avvenga non soltanto se è trascorso tutto il tempo corrispondente alla temporizzazione del relè, ma già al primo impulso che il relè risenta. Tali cartellini sono disposti su tutti gli interruttori anche delle cabine secondarie e nei punti dove siano installati relè primari o riduttori di corrente. Nelle cabine di trasformazione sono poi installati segnalatori di distanza dei guasti derivati su due riduttori di corrente del trasformatore di alimentazione delle linee aeree. Ciascuno di essi comprende un sistema magnete-bobina e vari cartellini cadenti come segnalatori; vi sono 5 nuclei di ferro isolati fra loro che, per mezzo di un'unica bobina, producono 5 campi magnetici eguali i quali attirano altrettante molle di acciaio di diversa resistenza; ogni volta che una molla è attirata cade un corrispondente cartellino: le cose sono disposte in modo che il primo cartellino cade, ad esempio, per una corrente di 100 A, il secondo per 200 A ecc. Conoscendo la costituzione della rete si può da tale indicazione risalire alla distanza del guasto. I cartellini sono così sensibili che basta una corrente di cortocircuito che duri 0,02 secondi per provocarne la caduta. La pratica di diversi anni ha dimostrato che tale dispositivo è assai opportuno e permette la individuazione della località del guasto con sufficiente approssimazione sebbene il funzionamento sia basato sulla ipotesi di un cortocircuito netto metallico anzichè sulla esistenza di un arco; la resistenza di esso può essere trascurata in confronto a quella dei conduttori. Nel caso di cortocircuiti rapidi scattano soltanto gli interruttori nelle cabine di trasformazione; quelli delle cabine secondarie, per lo più non presidiate, scattano soltanto per cortocircuiti prolungati; sono però anch'essi a richiusura automatica. Per riconoscere se uno di tali interruttori è scattato, nella cabina principale è installato uno speciale contatore che indica ogni colpo di corrente corrispondente a una apertura. L'A. espone anche alcune direttive per la messa a punto della apparecchiatura di protezione e sulla sorveglianza degli impianti di interruttori a richiusura automatica rapida. *Ri.*

W. Gebauer — **Punte di carico sulle reti a corrente alternata da parte di grandi utenze industriali.** (E. Wirtschaft, 5 agosto 1943, pag. 255 a 260, con 7 fig.). **40 f**

L'A. considera le punte di carico brusche che intervengono per cause degli utenti normali, non in condizioni di guasti o perturbazioni. Ogni punto o colpo di carico sulla rete può scindersi in un colpo di carico attivo e un colpo di carico reattivo le cui conseguenze possono venire studiate separatamente e poi sommate. Se un generatore sincrono viene colpito da una punta di carico attivo, l'angolo della ruota polare aumenta e la ruota stessa raggiunge la sua nuova posizione di equilibrio dopo alcune oscillazioni; l'ampiezza di queste dipende dalla costante di tempo dello smorzamento e in generale sta fra 2 e 5 secondi; diminuiscono il numero dei giri e la frequenza finchè il motore primo aumenta la propria potenza come richiesto dal carico; la tensione varia assai poco. I colpi di carico reattivo invece non alterano l'angolo, i giri e la frequenza, ma bensì la tensione ai morsetti, di una quantità IX, essendo I l'aumento di corrente reattiva e X la reattanza di dispersione dello statore; in generale i regolatori eliminano questa caduta di tensione in pochi secondi. Nel caso di più alternatori in parallelo, nel primo momento di un colpo di carico attivo esso si fa sentire di più sulle macchine fortemente eccitate; successivamente avvengono delle oscillazioni e ogni macchina viene sollecitata proporzionalmente alla propria energia cinetica, cioè in funzione delle caratteristiche meccaniche; infine il carico si ripartisce in funzione delle caratteristiche dinamiche del regolatore del motore primo; alla fine del periodo di regolazione il carico è distribuito secondo le proprietà statiche dei regolatori e la macchina destinata alla regolazione si assume l'intero onere della punta; tutto il fenomeno può durare, per forti colpi, fino a un minuto. Le punte di carico reattivo si ripartiscono secondo le reattanze; successivamente entrano in gioco le proprietà dei regolatori, le proprietà dinamiche e statiche dei quali devono essere previste in modo che la distribuzione dei carichi non risulti mai troppo diversa da quella voluta. Per quanto riguarda le cadute di tensione in linea in caso di colpi di carico, ha importanza specialmente il carico reattivo, come l'A. dimostra con un esempio numerico. Prendendo a studiare le origini dei colpi di carico che possono verificarsi, l'A. si occupa prima dei raddrizzatori a vapore di mercurio; questi non avendo alcun modo di accumulare in se stessi energia, riportano immediatamente sulla rete tutti i colpi di carico che ad essi arrivano. Si tratta non soltanto di carichi attivi ma anche, in certe circostanze, di forti carichi reattivi; il rapporto fra scarico attivo e reattivo è tanto minore, e quindi tanto più dannoso, quanto più la tensione è abbassata dalla regolazione di griglia. L'A. illustra in particolare il caso di un raddrizzatore per alimentazione di grossi motori da laminatoio. Un'altra sorgente di colpi di carico possono essere i forni ad arco di cui si trovano in servizio unità fino a 15 000 kVA; durante la fusione gli elettrodi vengono di quando in quando messi in corto circuito da pezzi ancora solidi; questi cortocircuiti danno luogo sulla rete soprattutto a colpi di carico reattivo; vi si può rimediare mediante bobine inserite sul primario del trasformatore di alimentazione. Un'altra fonte di punte brusche di carico è costituita dalle saldatrici elettriche che possono arrivare a potenze unitarie di 1500 kVA; l'A. accenna ai provvedimenti che si possono prendere. Infine è ricordato il caso dei motori in cortocircuito all'atto dell'avviamento. *Ri.*

J. Lefévre — **Abaco universale per la determinazione della tensione elettrica all'estremità di una linea trifase alimentata a una tensione data in funzione delle correnti attive e reattive a tale estremità.** (Rev. Gen. Elec., settembre 1943, pag. 284 a 287, con 3 fig.). **40 b**

I diversi abachi proposti per la determinazione delle cadute di tensione nelle linee trifasi ad alta tensione con date tensioni di arrivo per determinare la tensione in partenza in funzione delle potenze attive e reattive, esigono per il loro impiego vari tentativi, mentre sembrerebbe logico partire dalla tensione all'origine, la sola conosciuta, in generale, per determinare la tensione all'arrivo. L'A. ha cercato di costruire un abaco che risolve appunto direttamente il problema, e che è applicabile alle linee di breve lunghezza, fino a 100 km. Per tali linee si può, senza sensibile errore nei risultati, sostituire la capacità distribuita propria della linea con due capacità identiche la cui somma sia eguale alla capacità della linea e che siano inserite alle due estremità della linea. L'A. espone, in base a un diagramma vettoriale, i fondamenti teorici dell'abaco e passa poi a descrivere come esso possa essere effettivamente tracciato in pratica. L'abaco comporta l'impiego di due fogli, di cui uno in carta lucida sovrapponibile al primo; calcolando alcuni valori ed eseguendo alcune facili costruzioni grafiche sugli abachi, si arriva direttamente a determinare la tensione che si avrà all'arrivo di una data linea trifase in funzione delle componenti attiva e reattiva della corrente alla estremità ricevente; un esempio numerico di applicazione chiarisce l'impiego del metodo. In molti casi non è necessario l'uso dell'abaco tipo universale, cioè applicabile ad una linea qualunque di sezione e lunghezza qualsiasi alimentata a una tensione qualsiasi; quando si tratti di problemi relativi a una linea di lunghezza variabile alimentata a una estremità a tensione invariabile, è più comodo costruire un abaco fisso su un solo foglio di carta; l'A. indica come lo si possa costruire e come si possa con esso leggere direttamente sugli assi coordinati la tensione in partenza e quella in arrivo; un esempio numerico illustra anche qui il metodo. *Ri.*

H. Hafner — **Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica.** (Bollettino Oerlikon, N. 246, pag. 1569 a 1576, con 9 fig.). **40 f**

In questa seconda parte viene affrontato in pieno il problema della compensazione statica del carico monofase. Il problema è impostato in modo prevalentemente analitico e viene scisso in diversi casi fondamentali, arrivando alle seguenti considerazioni: La compensazione statica costituisce una soluzione ideale per qualunque carico a carattere statico, sia per carichi ohmici che per carichi reattivi, per i forni elettrici o altri carichi analoghi. La compensazione è

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sempre completa, ricorrendo ad opportuni accorgimenti nei riguardi della tensione ai morsetti del dispositivo di compensazione, in maniera che questa vari correlativamente alla variazione della tensione di alimentazione. Essa si applica anche ai consumatori a carico variabile, quando le variazioni non sono troppo estese. La compensazione statica non è indicata nel caso di carichi che variano arbitrariamente e fortemente, poichè si provocherebbero esagerate dissimmetrie di correnti. In tali casi sembra conveniente prevedere un gruppo di compensazione capace di preservare automaticamente la rete di alimentazione contro la corrente inversa del carico monofase, qualunque sia il suo fattore di potenza ecc. In ogni caso, e appena ciò sia possibile, è sempre preferibile scegliere un dispositivo di compensazione statica piuttosto che una macchina rotativa. *E. Rb.*

H. Hafner — **Il carico monofase della rete trifase e la sua compensazione statica.** (Bollettino Oerlikon, N. 245, pag. 1561 a 1566, con 5 fig.). **40 e**

L'importanza dei carichi monofasi si manifesta specie nei casi di applicazioni termiche nell'industria e nell'artigianato dei forni monofasi, quali i forni a sbarre di grafite, quelli di fusione, gli apparecchi di saldatura per punti ecc. La nota nella prima parte illustra le questioni: della ripercussione di un carico monofase sulla rete, a mezzo del metodo della decomposizione in componenti simmetriche; della corrente diretta e corrente inversa del carico monofase con qualsiasi sfasamento della sua tensione ai morsetti, e qui si distinguono principalmente il caso in cui il carico monofase è inserito sulla rete direttamente o a mezzo di un trasformatore, ed il caso in cui la tensione ai morsetti del carico monofase è in fase con la tensione della rete; dell'equilibratura del carico monofase. I dispositivi di equilibratura possono essere raggruppati in due categorie, molto diverse l'una dall'altra: i dispositivi statici di equilibratura, ed i gruppi di equilibratura delle fasi. L'equilibratura del carico monofase consiste nell'evitare che le correnti inverse prodotte dallo stesso carico monofase abbiano a penetrare nella rete; nel caso in cui la corrente inversa è limitata ad un dato valore, si ha un'equilibratura imperfetta. *E. Rb.*

H. Oertli - W. Köchli — **La linea a 150 kV Innertkirchen-Wimmis-Mühleberg della Bernischen Kraftwerke A. G.** (A.S.E. Bull., 9 febbraio 1944, pag. 57 a 69, con 40 fig.). **40 b**

La linea partendo dalla centrale di Innertkirchen e seguendo il corso del fiume Aare, giunge alla cabina all'aperto di Wimmis, prosegue poi fino alla cabina all'aperto di Mühleberg non lontano da Berna. La linea è a due terne su pali in traliccio, con filo di guardia. Gli isolatori sono del tipo a catena di 9 elementi; nei pali d'angolo si hanno due catene di 10 elementi ciascuna. I conduttori sono in alluminio-acciaio, l'anima di acciaio comprende 1+6 fili zincati da 2,7 mm di diametro avvolti con passo di 160 mm; la parte in alluminio comprende due strati di fili da 2,7 mm, rispettivamente in numero di 12 con passo destrorso di 215 mm, e in numero di 18 con passo sinistrorso di 245 mm. Avvolgendo in senso contrario i due strati di conduttori si ha il vantaggio che la resistenza ohmica in corrente alternata, grazie alla compensazione magnetica che si verifica, rimane costante per tutte le intensità di corrente, mentre con l'avvolgimento equiverso la resistenza aumenta sensibilmente con la corrente. I conduttori possono trasmettere (per ciascuna delle due terne), anche durante la stagione calda, una potenza di circa 80 MVA senza che si raggiungano temperature dannose per l'alluminio. La tensione meccanica di tesatura è proporzionata in modo che con un sovraccarico di 2 kg/m la massima sollecitazione nell'alluminio non superi 11 kg/mm². Le giunzioni sono fatte con manicotti speciali comprendenti un tubo di acciaio inossidabile per la giunzione dell'anima e un tubo di alluminio pressato per la giunzione del mantello di alluminio; i tubi vengono pressati contro il conduttore con una pressa idraulica. La costruzione della linea ha richiesto 3800 tonnellate di ferro per i pali, 380 tonnellate di zinco, 190 tonnellate di corda alluminio-acciaio (600 km), 47 tonnellate di acciaio per il conduttore di guardia, 170 tonnellate di isolatori (33 350 pezzi), 290 tonnellate di ferro per viti e armature, 670 tonnellate di cemento per le fondazioni dei pali. Tutti i ferri dei pali eccettuati quelli delle fondazioni, sono zincati. Vi sono complessivamente 383 pali i quali hanno richiesto, per le fondazioni, lo scavo di 5100 m³ di terra e di 736 m³ di roccia. Ognuno dei 4 piedi dei pali ha una fondazione propria distinta, che ha richiesto 1,5 m³ di calcestruzzo. I pali furono montati in posto mediante giunzioni bullonate. La tesatura dei conduttori fu eseguita mediante carrello a motore che teneva tesa la corda in modo che non potesse strisciare sul terreno. Gli AA. forniscono molte notizie sui lavori di montaggio della linea. *N.*

TRAZIONE E PROPULSIONE.

Comandi elettrici per montapendenze per sciatori e turisti. (Bollettino Oerlikon, N. 247, pag. 1588, con 3 fig.). **41 v**

Viene segnalata l'inaugurazione a Zermatt di montapendenze per Blauherd, per montare dalla quota 1600 a 2279 m. Il montapendenze si vale d'un cavo di sostegno delle carrucole e di un cavo di trazione, messo da un motore da 44 kW montato alla stazione inferiore. Il motore è protetto da un sistema di disinserzione automatica e viene avviato a mezzo di un combinatore a 7 tasti. Un freno elettromagnetico impedisce al cavo di trazione di tornare indietro in caso di arresto del motore, ciò che si verificherebbe qualora durante il funzionamento dovesse mancare la corrente, verificarsi guasti ecc., oltre al caso del normale arresto del motore. Tali montapendenze servono anche al trasporto dei materiali, ed all'occorrenza possono portare una cabina sospesa al cavo, per viaggiatori. È in costruzione un altro montapendenze della potenza di 66 W, per una lunghezza di 2,5 km, e sarà la più lunga installazione del genere. *E. Rb.*

E. Krohne — **La questione del sistema per le ferrovie elettriche.** (E. Wirtschaft, 5 gennaio 1944, pag. 3 a 9, con 3 fig.). **41 a**

Per la convenienza della elettrificazione di una linea ferroviaria ha importanza fondamentale la intensità del traffico; si danno in proposito valori minimi dell'ordine di 220 000 a 250 000 kWh/km, ma le condizioni possono essere diversissime da caso a caso. La Germania aveva in esercizio nel 1943 circa 3 000 km di linee di trazione elettrificate col sistema monofase a 16 2/3 p/s, 15 kV e ne aveva in progetto altri 6 000 km; nel resto di Europa erano in servizio altri 11 000 km di linee elettrificate con lo stesso sistema e ne erano in progetto altrettanti; senza contare le linee con altri sistemi. L'A. riprende in esame la questione del sistema più conveniente sotto i vari punti di vista. La grande varietà dei sistemi in uso nelle ferrovie europee non permette di prevedere la possibilità di una unificazione della intera rete europea. Ogni Paese deve quindi studiare il sistema più conveniente per le sue condizioni. Secondo l'A. si dovrebbe scartare il sistema a corrente continua a 1500 o 3000 V perchè richiede un numero eccessivo di sottostazioni di alimentazione, perchè si presta meno ad una larga scala di valori della velocità, si presta meno alla trazione pesante su zone pianeggianti, dà luogo a corrosioni. Il sistema trifase presenta le note complessità relative alla linea aerea. Sembra quindi preferibile all'A. senz'altro il sistema monofase restando però aperta la domanda se convenga adottare la frequenza ridotta di 16 2/3 p/s, oppure quella industriale di 50 p/s e, nel primo caso, se convenga generare direttamente l'energia a frequenza ridotta oppure alimentare le linee di trazione dalle reti industriali attraverso sottostazioni di conversione. Considera quindi 3 casi: *a*) frequenza ridotta generata direttamente in centrali apposite; *b*) frequenza ridotta derivata dalle reti industriali; *c*) frequenza industriale derivata dalle reti industriali. Il primo sistema è usato parzialmente in Germania, Svezia, e nella Svizzera, ma porta a costruire tutta una rete di linee a frequenza ridotta che costituisce un doppione di quella a frequenza industriale, con spreco di materiale ecc. Il sistema *b*) più largamente usato porta a sua volta a oneri per il gran numero delle sottostazioni, con consumo di materiale, lavoro e perdite di energia, e richiede particolari accorgimenti per mantenere la necessaria elasticità fra la rete industriale e le linee di trazione. Queste difficoltà sarebbero in gran parte eliminate con il sistema *c*), che semplifica tutti gli impianti; tuttavia sussistono ancora difficoltà relative alla costruzione dei motori da trazione a 50 p/s. Tali difficoltà non sembrano però insuperabili al-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

l'A. il quale espone in proposito alcune considerazioni di carattere tecnico e economico. Svolge poi un confronto dei tre casi considerati, *a*), *b*), *c*), nei riguardi della potenza di generazione da installare nelle centrali, dei costi di impianto, e della energia, del fabbisogno di materiali. Il confronto è svolto in varie ipotesi di traffico da 218×10^6 kWh/km a 1744×10^6 kWh/km. In conclusione l'A. mette in evidenza come il sistema finora seguito dalle ferrovie germaniche non sia il più conveniente e afferma che sarebbe preferibile sotto diversi aspetti adottare il sistema a 50 p/s; discutendo le difficoltà che possono opporsi a tale realizzazione dimostra come esse non siano insuperabili e come tale programma possa essere gradatamente realizzato. *Ri.*

R. M. Critschfield - W. H. Crouse — **L'apparecchiatura elettrica delle automobili americane.** (J.I.E.E., Parte I, aprile 1944, pag. 158 a 161). **41 m**

L'impianto elettrico delle moderne automobili americane si è andato sempre più complicando e comprende in generale i seguenti elementi: avviamento automatico, batteria, bobina di accensione, distributore di accensione, candele d'accensione, generatore con regolatore di carico, illuminazione, radio, riscaldamento e dispositivi di scioglimento della brina e del ghiaccio, e in qualche caso anche indicatori di direzione elettrici e altri apparecchi. Tutte le vetture per passeggeri usano la tensione di 6 V; il carico si distribuisce come segue: illuminazione (fari compresi) 15,4 a 17,6 A; radio 6,7 a 9 A; riscaldamento 3,8 a 10 A; scioglimento ghiaccio 3,5 a 3,7 A; accensione 1,2 a 1,5 A; carico totale 27,4 a 37,9 A. I tecnici si sono sforzati di costruire un tipo di generatore elettrico capace di generare la massima potenza entro un campo molto vasto di possibili velocità. Il generatore attualmente in uso è una dinamo in derivazione bipolare, con ventilazione forzata, pesante circa 11 kg capace di generare il pieno carico di 33 a 30 A con velocità della vettura da circa 32 a 35 km/h fino a 130÷150 km/h; essa viene comandata dal motore mediante cinghia, con velocità massima non superiore a 9000 giri/min. Il raffreddamento è ottenuto con un ventilatore che soffia l'aria dalla parte del collettore. Si usano portaspazzole del tipo a reazione che sono i più adatti per le grandi velocità; la durata delle spazzole è da 30 000 a 50 000 km. Con queste dinamo si usa un regolatore contenente un regolatore di tensione, uno di corrente e un relè di messa fuori circuito; si adotta di solito un dispositivo di compensazione della temperatura che permette una tensione maggiore alle basse temperature e riduce la tensione massima nelle giornate molto calde. La batteria, nelle automobili moderne, viene installata nel cofano del motore disposto in modo da facilitare l'ispezione; spesso le batterie hanno un dispositivo di protezione contro l'eccessivo riempimento per impedire che l'elettrolito traboccando danneggi il motore. Le batterie per automobili da passeggeri hanno capacità da 90 a 125 Ah, a regime di 20 ore. Molte automobili moderne non sono più fornite di avviamento a mano; i motorini da avviamento sono di solito a 4 poli, con diametro da circa 80 a 110 mm e sviluppano una coppia di 1,2 a 2,5 kgm. Gli studi condotti sui fenomeni riguardanti il funzionamento dei dispositivi di accensione hanno permesso di realizzare notevoli perfezionamenti tecnici in questo campo, sui particolari dei quali gli AA. si diffondono. Per l'impianto di illuminazione si è arrivati ad una unificazione. I nuovi fari comprendono, in un blocco unico, una lampada bifilare, il riflettore e le lenti di diffusione; il tutto costituisce una unità che, quando occorra, va sostituita completamente; questo sistema, sebbene più caro, dà migliori risultati che non la semplice sostituzione della lampadina consumata. L'uso di 2 filamenti permette di ottenere un fascio luminoso basso oppure alto secondo il bisogno; la potenza assorbita è di 75 W per il filamento basso e di 90 W per quello alto. Tutti gli apparecchi radio per automobili moderne sono del tipo super-eterodina con 4 a 7 valvole. Gli AA. forniscono altri particolari sulle varie parti dell'impianto elettrico. *N.*

W. Gerber - J. Meyer de Stadelhofen — **Sui disturbi alle radioaudizioni dovuti alle filovie.** (A.S.E. Bull., 5 aprile 1944, pag. 161 a 167, con 15 fig.). **41 c**

Gli AA. cominciano con il considerare l'impianto filoviario sotto l'aspetto di generatore di alte frequenze. A tale scopo si devono tenere presenti come sorgenti di perturbazioni: il contatto mobile della presa di corrente e i contatti del controller di comando e i collettori delle macchine installate a bordo; come trasmissori delle perturbazioni si devono tenere presenti la cassa del veicolo e le linee aeree. Al veicolo può essere sostituito uno schema equivalente consistente in un esapolo comprendente: la messa a terra, la massa del veicolo, i morsetti delle prese di corrente sui due fili, e i contatti sui fili stessi. Sulla base di tale schema equivalente viene esaminato il comportamento del veicolo filoviario nei riguardi della produzione e preparazione di perturbazioni, tenendo conto anche dell'effetto di attenuazione dei conduttori di contatto. Successivamente viene analizzato il comportamento degli impianti radioriceventi installati nelle vicinanze della linea filoviaria, nei rapporti col campo perturbante prodotto dal veicolo filoviario. I mezzi per la protezione delle radioaudizioni devono essere prima di tutto rivolti a cercare di ridurre la produzione di tensioni ad alta frequenza. Giovano a questo scopo gli organi di contatto costruiti con carbone i quali riducono molto le oscillazioni specialmente se la linea è costruita con cura in modo che le variazioni della pressione di contatto siano trascurabili. Numerosi accorgimenti costruttivi sono stati studiati per migliorare la stabilità dei contatti e l'A. ne ricorda alcuni, fra cui il dispositivo a molla della Brown Boveri. Vengono anche precisate alcune norme di manutenzione e di esercizio della linea di contatto per la diminuzione delle cause di generazione di oscillazioni. Altre notizie sono date intorno ad apparecchi studiati per la eliminazione delle oscillazioni che possono generarsi a bordo, mediante circuiti speciali di protezione; fra questi viene particolarmente descritto un dispositivo della Brown Boveri da installare sul tetto della vettura ai piedi dell'organo di presa di corrente, consistente in un gruppo di nastri di alluminio formanti bobine di induzione combinati con un gruppo di condensatori. Viene descritto il modo di funzionare del dispositivo e ne viene messa in evidenza la efficacia. *Ri.*

CRONACA TECNICA

APPLICAZIONI AGRICOLE.

4 Un **essiccatore universale per prodotti agricoli,** tipo Coletti, è descritto in « E. Verwertung », 1044-45, N. 1-3, pag. 66. Ecco comprende un preessiccatore con 18 cassette di caricamento estraibili, raggruppate in gruppi di 3, con superficie di 1,7 m² ciascuno; l'essiccatore principale comprende 8 cassetti di caricamento. Un ventilatore fa circolare l'aria nel preessiccatore dove si sottrae circa la metà dell'acqua contenuta nel materiale. Nell'essiccatore principale viene poi completato l'essiccamento. Il riscaldamento dell'aria avviene per via elettrica mediante batteria di resistori che assorbe 8 kW. Il consumo di energia per ogni kg di acqua evaporata è un poco inferiore a 1 kWh. Il ventilatore assorbe 2 kW. In pratica la produzione è di circa 80 a 100 kg di erba secca in 20 ore di funzionamento (partendo da erba con 80 % di umidità). Il funzionamento non richiede alcuna sorveglianza e può essere munito di un dispositivo a tempo per l'arresto ad essiccazione compiuta. *N.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

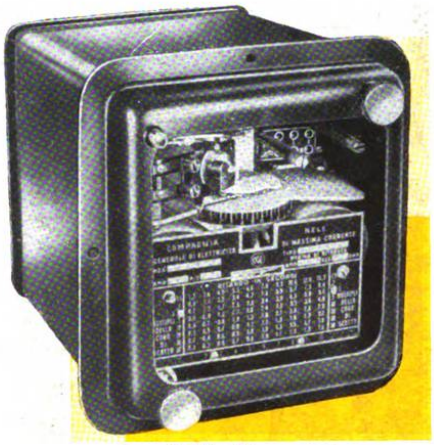
19 d Le **lampade a incandescenza con riempimento di cripton** non hanno incontrato l'atteso successo, anche in relazione ai miglioramenti apportati alle lampade con riempimento di argon. Le esperienze della Ditta Philips (« E. Verwertung », ottobre 1944, pag. 189), hanno dimostrato che l'aumento di flusso luminoso in confronto alle lampade ad argon era, per quelle a cripton, di circa 3,2 %. Il gas cripton è però di difficile ottenimento e quindi costoso. A parità di flusso luminoso l'impiego del cripton permetterebbe, per una durata di 1000 ore una economia di 1,7 kWh. Le lampade al cripton costano alquanto di più di quelle all'argon e quindi la convenienza relativa dell'impiego dell'uno o dell'altro tipo di lampada dipende dalle tariffe in vigore per l'energia elettrica. In considerazione di quanto sopra, la Philips ha rinunciato alla produzione delle lampade al cripton. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

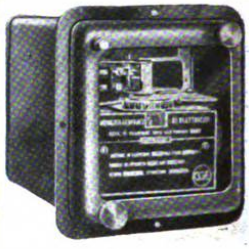
RELÈ CGE

PER PROTEZIONE, MISURA, CONTROLLO



Relè di massima corrente a induzione

Relè di corrente



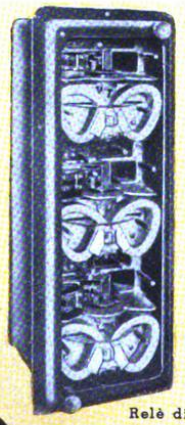
Relè di tensione

Relè ausiliario

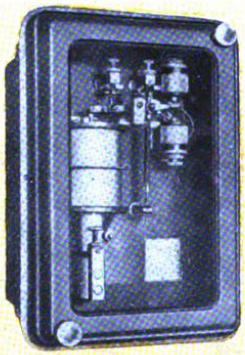
Relè di richiusura

Relè a cartellini

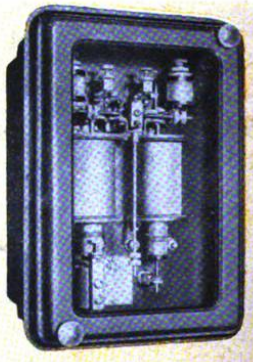
TIPI CON CUSTODIA UNIFICATA



Relè di protezione differenziale



Relè limitatore di corrente



Relè di misura a due bobine

CGE

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO

INDUSTRIE GRAFICHE ITALIANE STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

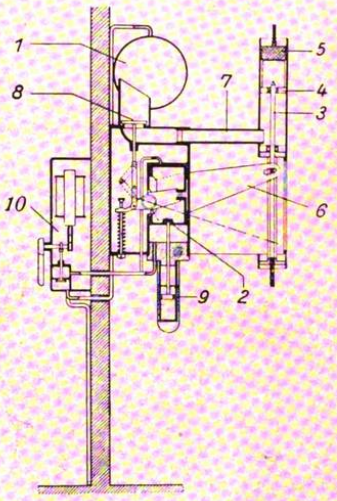
BIBLIOTECA NAZIONALE CENTRALE ROMA - 5 APR 1940 - RIVISTE

Biblioteca nazionale centrale di Roma

INTERRUTTORI
AD ARIA COMPRESSA
PER MEDIE TENSIONI

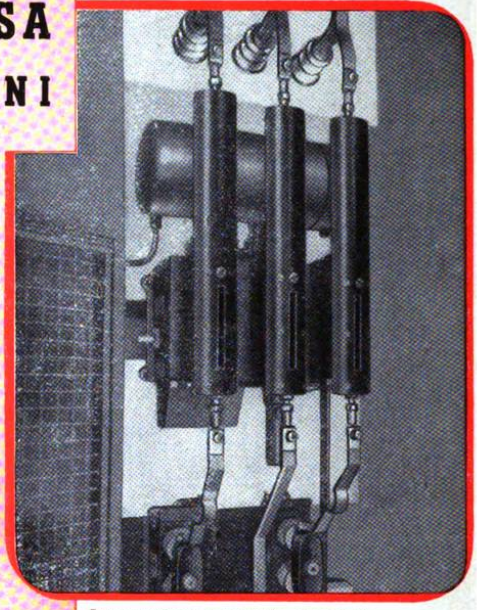
TIPO PER INTERNO
PER MONTAGGIO
A PARETE O SU
CARRELLO.

POTENZA DI ROTTURA
FINO A 600 MVA

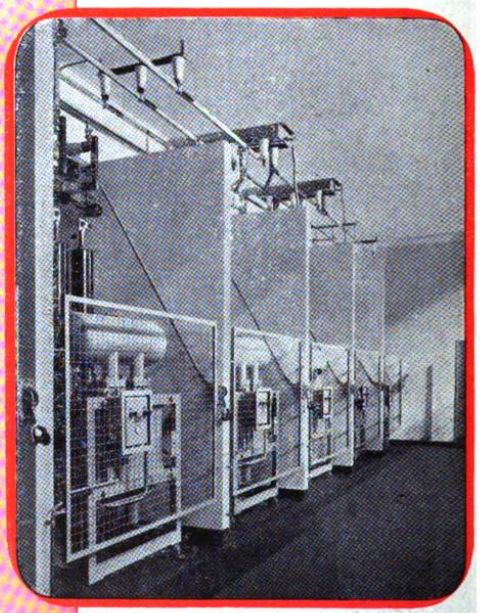


1) Serbatoio d'aria compressa.
2) Comando ad aria compressa.
3) Contatto mobile.
4) Contatto fisso ad ugello.
5) Silenziatore.
6) Bracci isolanti.
7) Tubo dell'aria di soffio.
8) Valvola di soffio.
9) Regolatore di velocità.
10) Valvola di comando.

(Sezione schematica)



Interruttore montato a parete



Interruttori in celle montati su carrello

(Prospetto descrittivo N. 794 a richiesta)

CGE

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Ottobre 1945 N. 10
Pubblicato il 12 Dicembre 1945

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,-; PER I NON SOCI L. 50,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Alternatori a media ed alta frequenza (G. BARELLO) . . Pag. 206
L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione (G. C. TRABACCHI) . . . . . » 213
Lettere alla Redazione: Per un esperimento di «elettrificazione stradale» Milano-Paullo-Crema (E. SEASSARO) . . . » 219
La nostra industria: Scatola morsettiera a «Bay pass» per inserzione istrumenti di controllo su misuratori elettrici . » 220
Libri e Pubblicazioni . . . . . » 221
Dalle Riviste . . . . . Pag. 222
Notizie dell'Associazione:
Notizie della Sezione di Genova . . . . . » 225
Necrologio: Gr. Uff. Dr. Ing. Michele Auteri . . . » 228
Attività delle Sezioni: Sezioni Adriatica, Genova, Milano e Torino . . . . . » 228

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 69 D
Cronaca Tecnica . . . . . » 76 D

Alternatori a media ed alta frequenza.

Pubblichiamo oggi il testo di una relazione che l'ing. G. BARELLO aveva originariamente predisposto per la Riunione annuale che doveva tenersi nel 1943. Essa potrà invece essere presentata alla discussione nella Riunione prevista per la primavera prossima, nella quale, come abbiamo annunciato, sarà ripreso anche il tema delle macchine ruotanti.

La bomba atomica e l'energia nucleare.

Per quanto orribile cosa sia la guerra non si può tuttavia disconoscere che essa, esasperando tutte le facoltà dello spirito umano nella ricerca di nuovi mezzi di offesa e di difesa, agisce come un potente propulsore della tecnica e delle facoltà inventive.

Anche questa guerra ha certamente provocato molti progressi tecnici la conoscenza dei quali si diffonderà a poco a poco, mentre alcuni già sono noti. Ma fra tutti quello che più ha colpito le menti e i cuori per l'orrenda portata della sua applicazione bellica e per l'ampiezza e la portata delle future prospettive industriali, è stato senza dubbio quello dello sfruttamento pratico dell'energia intranucleare atomica.

La prima bomba atomica lanciata in territorio giapponese non ha soltanto chiuso una guerra ma ha segnato probabilmente l'inizio di una nuova era della civiltà; e le prospettive sono tali da permettere di sperare che le future benefiche applicazioni siano capaci di far, se non, dimenticare, in un certo senso redimere il sangue e la strage delle prime applicazioni belliche.

Già sull'orizzonte della umana civiltà si delineava non lontanissima la minaccia mortale dell'esaurimento delle risorse di energia sia idraulica sia termica. E sebbene le statistiche dei corsi d'acqua e dei giacimenti di combustibili ripetutamente e quasi affannosamente eseguite, rivelassero disponibilità ancora ingentissime, era pur tuttavia diffuso il senso che esse non potessero seguire per un periodo ancora lunghissimo il ritmo rapidamente crescente dei consumi.

Ma per una di quelle coincidenze che rivelano gli imperscrutabili piani onde è diretta e guidata la storia, mentre tale pericolo si delineava, nuove speranze si accendevano; e nei laboratori gli studiosi perseguivano per vie nuovissime una meta che pareva lontana ma si presentava luminosa e affascinante. Nei misteri dell'invisibile atomo l'uomo cercava nuove fonti di vita! E non è senza profonda soddisfazione che noi possiamo constatare come al raggiungimento di questa meta l'Italia abbia ancora una volta portato un contributo sostanziale e forse decisivo.

Nessuno può dire però quanto tempo sarebbe occorso per raggiungere lo scopo se la guerra non fosse intervenuta a costringere ad accelerare la marcia.

Comunque, il grande passo ormai è fatto. L'uomo si è dimostrato capace di scatenare l'energia atomica. Si tratta ora di saperla dominare e regolare!

L'interesse della cosa è tale che esso investe anche coloro che non si sono mai addentrati nei misteri della moderna fisica atomica e siamo certi perciò che con vivo piacere i nostri lettori leggeranno il testo della bella conferenza che il dott. G. C. TRABACCHI, già collaboratore del nostro Fermi, ha tenuto ai colleghi di Roma; conferenza che, per espresso desiderio dell'A. pubblichiamo nella precisa forma di «amichevole conversazione» con cui essa fu tenuta.

Ci ripromettiamo del resto di ritornare ancora sull'argomento in forma più strettamente tecnica per inquadrare le nuove prospettive nel quadro teorico della fisica moderna.

Distribuzione Norme.

Viene in questi giorni distribuito ai Soci il fascicolo dello schema di Norme per gli impianti elettrici dei veicoli ad accumulatori.

Esso, in quanto schema, viene inviato gratuitamente a tutti i Soci dell'A.E.I. ed agli abbonati dell'«Energia Elettrica» e a chi ne fa richiesta.

Secondo quanto abbiamo già altra volta avvertito, nell'ultimo Consiglio Generale si è deciso che, invece, dato l'enorme aumento subito dalle spese per la stampa dei relativi fascicoli, d'ora in avanti i fascicoli di Norme definitivi non vengano più distribuiti gratuitamente, ma debbano venire ceduti anche ai Soci dietro versamento di un contributo stabilito volta per volta nella misura strettamente necessaria a coprire le spese.

LA REDAZIONE

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ALTERNATORI A MEDIA ED ALTA FREQUENZA

GUIDO BARELLO

Comunicazione destinata alla XLVII Riunione Annuale dell'A.E.I.

Dopo un breve accenno alle principali applicazioni delle correnti a media ed alta frequenza vengono passati in rassegna vari tipi di macchine ideate od impiegate per la loro generazione. Vengono infine descritti alcuni alternatori a media ed alta frequenza di recente costruzione.

Il presente articolo insieme ad un altro di carattere teorico di prossima pubblicazione, costituisce l'oggetto di una comunicazione avente lo stesso titolo che era destinata alla riunione annuale dell'A.E.I. del 1943.

INTRODUZIONE.

In questi ultimi anni gli alternatori a media ed alta frequenza sono stati l'oggetto di un interesse che è tanto più significativo in quanto, con l'affermarsi della concorrenza dei mutatori nei campi di frequenza più bassi e delle valvole termoioniche nei campi di frequenza più elevati, si era diffusa tra molti l'impressione che in breve tempo essi sarebbero stati completamente abbandonati; invece l'aumentata richiesta di queste macchine dimostra che un vasto ed importante campo di applicazione è ancora di loro dominio. Il Tecnomasio Italiano non è rimasto estraneo alla ripresa che si è verificata in questo ramo delle costruzioni elettromeccaniche ed è appunto scopo precipuo del nostro articolo di illustrare qualcuna delle realizzazioni recenti di questa ditta.

In considerazione dell'importanza dell'argomento, abbiamo pensato di far precedere la parte descrittiva da una esposizione introduttiva di carattere generale, confidando che malgrado l'inevitabile ripetizione di molte cose ormai note essa possa ancora riuscire interessante al lettore.

Non è nostra intenzione trattare dell'impiego degli alternatori a media ed alta frequenza, ma piuttosto del loro lato costruttivo; tuttavia, a scopo d'orientamento, sarà opportuno un breve accenno alle loro più importanti applicazioni.

È noto che i primi alternatori ad alta frequenza furono ideati e costruiti per servire all'alimentazione delle stazioni radiotelegrafiche trasmittenti, applicazione che raggiunse il suo massimo sviluppo nel decennio *1920÷1930*; in questo periodo la maggior parte delle grandi stazioni radiotelegrafiche transcontinentali era infatti del tipo ad onde persistenti detto « ad alternatore ad alta frequenza » che concettualmente era semplicemente costituito da un alternatore che alimentava l'antenna direttamente od attraverso moltiplicatori statici di frequenza, la trasmissione dei segnali essendo generalmente effettuata per mezzo di un manipolatore che metteva in cortocircuito il generatore. È altresì noto che per questo impiego vennero costruite macchine veramente notevoli (Alexanderson, Bethenod, Goldschmidt) sia per le elevatissime frequenze generate che per la potenza delle singole unità (che in alcuni casi raggiungevano qualche decina di migliaia di periodi al secondo e qualche centinaio di chilovoltampere); si trattava però di generatori estremamente complicati, con carcassa stagna e rotore in ambiente rarefatto (allo scopo di ridurre le perdite meccaniche), raffreddamento ad olio o ad acqua dello statore e talvolta anche del rotore e così via. Con l'ulteriore perfezionarsi della tecnica delle radiotrasmissioni e del triodo in particolare, gli alternatori ad alta frequenza hanno perduto ogni importanza per questa e per tutte quelle altre applicazioni che richiedono altissime frequenze: il loro campo d'impiego si è ora ristretto alle applicazioni che richiedono frequenze comprese fra un centinaio o poche centinaia di periodi al secondo fino ad un massimo di 30 000 Hz circa e ancora, per le frequenze più elevate di questo campo, solo quando la loro semplicità e robustezza, ed anche il loro prezzo minore, li fa preferire ai più complicati e delicati generatori a valvola.

In quanto segue noi riserveremo il nome di alternatori ad alta frequenza alle macchine a frequenza superiore a 5000 Hz; chiameremo le altre a media frequenza.

È evidente che se nella costruzione degli alternatori ad alta frequenza si dovesse oggi ricalcare la tecnica sulla quale erano basati i tipi che si impiegavano per le stazioni radiotelegrafiche, essi non potrebbero possedere i requisiti di cui sopra, e già per questo verrebbero meno le ragioni che in molti casi ne giustificano ancora l'adozione; inoltre all'infuori dell'applicazione suaccennata non ne esistono attualmente altre, nello stesso campo di frequenza, che richiedono potenze così elevate, e perciò gli alternatori a frequenza superiore a 10 000 Hz sono oggi quasi essenzialmente delle macchine di piccola potenza. Se si vuole stabilire un confronto fra le macchine attualmente in uso e quelle di cui abbiamo parlato bisognerà perciò basarsi non solo sui dati di targa ma soprattutto tener conto delle caratteristiche intrinseche della macchina, perchè, per le ragioni già spiegate, gli sforzi dei costruttori non mirano più ad un aumento dei limiti di frequenza e potenza, ma bensì a realizzare, nel modo più semplice ed economico, le macchine che il mercato odierno richiede.

Per contro la costruzione degli alternatori a media frequenza non offre maggiori difficoltà di quelle che si incontrano nella costruzione delle macchine usuali, e non esiste praticamente alcun limite di potenza; numerose sono anche le loro applicazioni che richiedono potenze di parecchie centinaia di chilovoltampere (per es. i forni ad induzione).

Veniamo ora alle applicazioni attuali degli alternatori a media ed alta frequenza.

Nel campo delle medie frequenze sono noti il loro impiego per l'alimentazione di motori velocissimi destinati al comando di macchine operatrici speciali, l'alimentazione dei forni ad induzione senza nucleo magnetico (che è una delle loro applicazioni più importanti) e il loro impiego in applicazioni basate sullo stesso principio di quest'ultima; è altresì noto che impiegando frequenze sui 1000 Hz nella saldatura ad arco e nella saldatura per punti si ottengono sensibili vantaggi tecnici ed economici.

Un campo di applicazione che si è aperto da poco tempo agli alternatori a media frequenza (800 Hz) e che avrà probabilmente un grande avvenire è il loro impiego negli impianti ausiliari di bordo dei grandi aeroplani, impiego che si risolve in una notevole diminuzione del peso complessivo dell'equipaggiamento elettrico.

È noto che nelle stazioni radiotrasmittenti autonome l'alimentazione delle valvole raddrizzatrici viene fatta con alternatori a 500 Hz circa e anche qui il motivo della scelta della frequenza elevata risiede nell'influenza favorevole che essa esercita sul peso e sul costo dei numerosi trasformatori che esistono sempre in questi impianti [1] e dei dispositivi di livellamento della corrente raddrizzata.

Benchè esse siano quasi completamente abbandonate, salvo in casi speciali, ricordiamo anche che le stazioni radiotelegrafiche trasmittenti ad onde smorzate sono pure alimentate da alternatori a media frequenza.

In un campo di frequenza più elevato esistono svariatissime applicazioni delle correnti ad alta frequenza che

[1] Allo scopo di adeguare la tensione di alimentazione a quelle richieste dai vari circuiti o per ottenere tensioni elevate.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sono basate sulla possibilità che esse offrono di ottenere effetti di induzione sensibili fra due circuiti aventi un accoppiamento molto lasco (per esempio tra due bobine disposte su di un circuito magnetico interrotto da un grosso traferro, od addirittura tra due circuiti disposti nell'aria o comunque in un mezzo a bassa permeabilità) per le quali entrano ancora in considerazione gli alternatori.

Numerose sono poi le applicazioni di queste macchine nel campo delle prove e delle misure meccaniche: basterà ricordare che esistono apparecchi per il rilievo di grandezze rapidamente variabili (p. es. i valori istantanei delle elongazioni di organi meccanici soggetti a vibrazioni, la curva della pressione in funzione del tempo negli interruttori, ecc.), che sono alimentati da alternatori ad alta frequenza (ca. 10 000 Hz), che l'impiego degli alternatori ad alta frequenza consente la misura, per via elettrica, delle deformazioni torsionali degli alberi e quindi della coppia e della potenza trasmessa (con possibilità di azionamento di relè ed apparecchiature di comando sensibili a queste grandezze anche in un impianto di natura permanente), che molti dispositivi per il controllo delle caratteristiche dei materiali su pezzi finiti, e varie macchine per lo studio del comportamento dei materiali sottoposti a sollecitazioni ripetute, impiegano le correnti a media ed alta frequenza.

Ricerche teoriche e sperimentali hanno dimostrato che la resa di certi processi elettrochimici in cui si impiega la corrente alternata è maggiore con le frequenze elevate; per questa ragione i generatori in questione trovano per esempio impiego negli impianti di produzione dell'ozono.

Gli alternatori a frequenze superiori ai 15 000 Hz possono essere usati per l'alimentazione di apparecchi generatori di onde ultrasonore, apparecchi che possono essere di vario tipo a seconda della frequenza (elettromagnetici, a magnetostrizione, piezoelettrici).

Ciò apre un campo d'impiego estesissimo a queste macchine, perchè com'è noto l'ultrasuono è suscettibile di numerose applicazioni nel campo delle segnalazioni, delle comunicazioni, della fisica e della chimica applicata, ecc. Esempi notevoli di tali applicazioni in un campo di frequenza dove entrano in considerazione gli alternatori sono le sonde acustiche e gli scandagli usati nella navigazione subacquea e in superficie ed i telegrafi subacquei.

Di altre importantissime applicazioni degli alternatori a media ed alta frequenza, per esempio nel campo della telegrafia, della telefonia, delle segnalazioni ferroviarie e delle comunicazioni e segnalazioni in genere, ci limitiamo a segnalare l'esistenza, perchè esse sono ben note e così numerose che anche la loro semplice enumerazione richiederebbe troppo spazio.

BREVI CENNI SUI PRINCIPALI SISTEMI PROPOSTI OD IMPIEGATI PER GENERARE CORRENTI AD ALTA FREQUENZA PER MEZZO DI MACCHINE ROTANTI.

Alternatori del tipo normale a poli alternati (alternatori eteropolari).

È facile vedere che la frequenza raggiungibile con questo tipo di macchina è relativamente bassa, anche se si adottano opportuni accorgimenti costruttivi. Infatti la velocità periferica del rotore può difficilmente superare i 150 m/sec e di conseguenza il passo polare, che è dato dalla relazione $\tau = v/2f$ dove v è la velocità periferica ed f la frequenza, diventerebbe eccessivamente piccolo nel caso delle alte frequenze (per es. per 30 000 Hz, $\tau = 2{,}5$ mm). Ciò renderebbe estremamente difficile, se non addirittura impossibile, l'esecuzione delle bobine di campo ed inoltre, non potendosi per ragioni meccaniche ridurre il traferro al disotto di un certo limite, si avrebbe un rapporto traferro/passo polare così elevato che il flusso di dispersione tra i poli raggiungerebbe valori inammissibili.

Questo tipo di alternatore è invece molto usato per le medie frequenze (fino a 1000 Hz, circa) specialmente per potenze abbastanza grandi (qualche centinaio di chilowatt). Il rotore è generalmente costituito da un pacco di lamiere in cui sono ricavate tante scanalature quanti sono i poli. In queste cave è solidamente amarrato l'avvolgimento induttore che, di solito, ha un numero di bobine che è la metà di quello dei poli (vengono cioè avvolti o tutti i poli nord o tutti i poli sud). Per l'avvolgimento indotto, non consentendo in generale il passo polare relativamente piccolo l'adozione di un numero di fori per polo e fase superiore all'unità, è assolutamente indispensabile ricorrere ad opportuni accorgimenti costruttivi se si vuole avere una forma d'onda della f.e.m. generata sufficientemente buona, per esempio l'esecuzione con cave oppure espansioni polari inclinate e l'adatta profilatura delle espansioni polari; in queste macchine occorre sempre lamellare il ferro rotorico allo scopo di ridurre le perdite nelle espansioni polari (2).

Le chiavette di chiusura delle cave rotoriche vengono generalmente eseguite in ottone od alluminio e, opportunamente collegate alle estremità, costituiscono una gabbia smorzatrice (indispensabile nel caso delle macchine monofasi, ma consigliabile anche nel caso delle macchine polifasi dato il numero ridotto di fori per polo e fase).

Impiego di una macchina a collettore (fig. 1).

Questo sistema, benchè semplice in teoria, offre numerose difficoltà di ordine pratico che si sono finora opposte alla sua realizzazione. Consiste nell'impiego di una macchina a collettore non saturata, con eccitazione in serie, funzionante su un circuito oscillante accordato per la frequenza che si vuol generare e prevista in modo che la sua f.e.m. compensi esattamente le cadute ohmiche del circuito. In tal caso il generatore si comporta come una resistenza negativa che neutralizza quella del circuito. Lo smorzamento è nullo ed è possibile fare in modo che il circuito diventi sede di oscillazioni persistenti aventi la frequenza

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

dove L, C sono rispettivamente l'induttanza totale e la capacità in serie del circuito.

Accoppiamento in cascata di più generatori allo scopo di generare correnti polifasi ad alta frequenza (fig. 2).

Consiste nell'impiego di un numero sufficientemente elevato di macchine coassiali, costruttivamente simili a dei motori asincroni, cioè aventi, sia nello statore che nel rotore, avvolgimenti polifasi collo stesso numero di poli.

La prima macchina è eccitata a corrente continua (3), mentre le altre sono eccitate ciascuna colle correnti generate dalla precedente. Se i collegamenti sono effettuati in modo che rispetto ai conduttori indotti la velocità del rotore si sommi a quella del campo rotante generato nell'induttore (il campo rotante deve girare nel verso del rotore nel caso dell'eccitazione rotorica e nel verso opposto nel caso dell'eccitazione statorica), la frequenza della corrente generata dall'n esima macchina è evidentemente n volte quella propria di ogni macchina. La prima macchina funziona esclusivamente come generatore,

(2) Com'è noto queste perdite si compongono delle perdite dovute alla variabilità della riluttanza del traferro a causa della dentatura dello statore e delle perdite dovute ai campi rotanti parassiti dello statore: le prime crescono coll'aumentare del rapporto apertura delle cave d'indotto/traferro, le seconde dipendono dalla natura del carico e dalla forma d'onda della f.m.m. dello statore, ed aumentano pure col diminuire del traferro; le macchine a media frequenza che, per le ragioni dette hanno un traferro relativamente piccolo e pochi fori per polo e fase, si trovano sotto questo aspetto in condizioni molto più sfavorevoli che le macchine usuali.

(3) Per es. secondo il noto schema usato per l'eccitazione di un motore asincrono sincronizzato, oppure il primo generatore potrebbe a differenza degli altri essere costruito con un induttore simile a quello di un comune alternatore.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

mentre le altre funzionano come generatore e come trasformatore; per la n esima macchina le potenze fornite all'indotto per via meccanica e per via elettrica stanno nel rapporto $1/n-1$.

La frequenza raggiungibile con questa disposizione è relativamente bassa, essendo difficile in pratica superare quattro stadi di frequenza a causa delle eccessive perdite che presenterebbe una ulteriore macchina.

Se si ha l'accorgimento di adottare un numero pari di macchine e di eccitare lo statore della prima macchina, si possono eliminare tutti gli anelli di contatto. Per le frequenze elevate, dato il piccolo passo polare, le testate d'avvolgimento sporgono poco dal ferro; le macchine della cascata possono essere tutte montate in un'unica carcassa e la distanza fra i pacchi lamiere di due macchine consecutive può essere fatta uguale alla larghezza di un comune canale di ventilazione. Perciò il gruppo ha un aspetto esterno che non differisce da quello di un'unica macchina.

Alternatore monofase a riflessione (fig. 3).

Questo tipo, ora in disuso, realizza in una sola macchina la trasformazione di cui al paragrafo precedente. È facile vedere come in un comune alternatore monofase del tipo eteropolare l'indotto è sede di una f.e.m. e di una corrente che si possono considerare come la somma dei termini dispari di una serie di Fourier, mentre l'avvolgimento induttore è sede di una f.e.m. e di una corrente rappresentata dalla somma dei termini pari di una serie di Fourier. Infatti, immaginiamo un alternatore monofase, che per semplicità supporremo a due poli, il cui induttore, eccitato da una sorgente a corrente continua, ruoti ad una velocità angolare ω; l'indotto è sede di una f.e.m. alternata di frequenza $f = \omega/2\pi$ e di una corrente pure della stessa frequenza. La f.m.m. generata da questa corrente si può rappresentare con un vettore fisso nello spazio di grandezza variabile armonicamente nel tempo colla pulsazione ω; questo vettore, come è noto, si può scomporre in 2 vettori di grandezza costante, che ruotano in senso opposto con una velocità angolare ω rispetto all'indotto. Dei due, quello che ruota nel senso dell'induttore, e perciò ha velocità relativa nulla rispetto allo stesso, costituisce la reazione d'indotto propriamente detta, mentre all'altro corrisponde un flusso che ha una velocità 2ω rispetto ai conduttori dell'induttore che saranno così sede di una f.e.m. alternata di frequenza $2f = 2\omega/2\pi$. Questa f.e.m. genererà a sua volta una corrente alternata ed un campo alternato che si potrà scomporre in due campi rotanti in senso opposto con una velocità 2ω rispetto all'induttore; e poichè questo è animato da una velocità ω rispetto all'indotto, le velocità relative dei due campi rispetto a quest'ultimo saranno rispettivamente $2\omega + \omega$ e $2\omega - \omega$. Si avrà perciò nella f.e.m. dell'indotto anche una componente di frequenza $3f$. Ripetendo questo ragionamento all'infinito si arriva alla conclusione di cui sopra. Mentre negli alternatori usuali i termini a frequenza elevata si smorzano rapidamente, anzi si procura che ciò avvenga con appositi dispositivi (gabbie di smorzamento), nell'alternatore a riflessione essi vengono esaltati a proposito, prevedendo circuiti accordati per le diverse frequenze intermedie ed un circuito di utilizzazione accordato per la frequenza che si vuol ottenere. Anche prescindendo dalle perdite, la complicazione dei circuiti che occorrerebbero per le frequenze elevate, fa sì che la frequenza raggiungibile supera difficilmente il quadruplo di quella naturale della macchina.

Alternatori a riluttanza variabile.

Il prototipo di questi alternatori (che possono assumere svariate forme costruttive) è rappresentato nella fig. 4. Esso appartiene alla categoria degli alternatori a ferro rotante che sono così chiamati perchè il rotore è costituito da una semplice ruota dentata, completamente sprovvista di avvolgimenti.

Alla categoria degli alternatori a ferro rotante appartengono anche gli alternatori del tipo omopolare di cui parleremo nel paragrafo successivo, e mettiamo in guardia il lettore dal confonderli, come molti fanno, col tipo che stiamo descrivendo. Nell'alternatore a riluttanza variabile, così chiamato perchè la riluttanza di tutto un circuito magnetico subisce delle variazioni periodiche colla

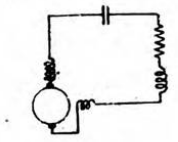


Fig. 1

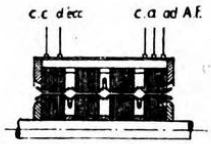


Fig. 2

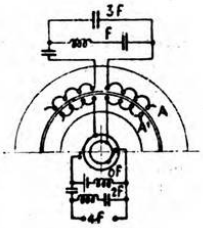


Fig. 3

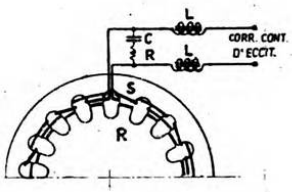


Fig. 4

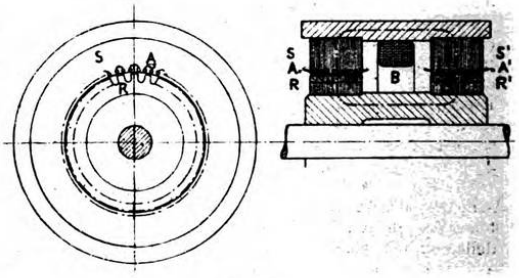


Fig. 5

Fig. 1. — Impiego di una macchina a collettore per la generazione di correnti alternate ad alta frequenza.

Fig. 2. — Accoppiamento in cascata di più generatori.

Fig. 3. — Alternatore a riflessione (Goldschmidt).

Fig. 4. — Alternatore a riluttanza variabile.

Fig. 5. — Alternatore omopolare a due indotti e bobina di eccitazione centrale.

frequenza della corrente generata, esiste, generalmente, un solo avvolgimento, disposto sullo statore ed eccitato da una sorgente a corrente continua.

Quando i denti dello statore si trovano nella posizione rappresentata in figura, il flusso ha un certo valore massimo. Se consideriamo un istante successivo, dopo che un punto della periferia del rotore ha descritto mezzo passo di dentatura, i denti del rotore si trovano in corrispondenza dei vani dello statore ed il flusso assume un valore minimo.

Questa variazione di flusso dà luogo ad una f.e.m. indotta nell'avvolgimento, f.e.m. che genera una corrente che si sovrappone a quella di eccitazione, e la cui frequenza in periodi al secondo è data dalla formula $f = pn$ se si indica con p il numero dei denti del rotore

Biblioteca nazionale centrale di Roma

e con n il numero di giri al secondo. Lo stesso avvolgimento serve dunque come avvolgimento di eccitazione e come avvolgimento indotto.

Le bobine di reattanza L, impediscono alla f.e.m. alternata di dar luogo ad una corrente sensibile nel circuito dell'eccitatrice e d'altra parte il condensatore C impedisce che il circuito di carico R sia attraversato da una corrente continua.

Poichè la variazione di flusso interessa tutto il circuito magnetico, rotore compreso, il ferro deve essere completamente lamellato e si hanno perdite nel ferro molto forti.

Per quest'ultima ragione questi alternatori non hanno avuto molta diffusione, benchè, a parità di frequenza, presentino il vantaggio di richiedere un numero di intagli rotorici che è la metà di quello dei normali alternatori eteropolari e nello statore un numero di cave avvolte che nel caso del tipo rappresentato in figura è la metà di quello degli alternatori omopolari che descriveremo nel paragrafo successivo ed in alcune varianti costruttive può essere ulteriormente ridotto (Latour, Spencer).

Alternatori omopolari.

La macchina attualmente più usata per le medie ed alte frequenze è l'alternatore omopolare che, anch'esso, può assumere diverse forme costruttive. Il suo campo d'impiego nel caso delle medie frequenze è da pochi chilowatt fino a qualche centinaio di chilowatt; per potenze superiori convengono gli alternatori eteropolari; nei caso delle alte ed altissime frequenze si presta per tutte le potenze, anzi molte volte è la sola macchina che può essere presa in considerazione. Data la sua importanza, svilupperemo il suo studio più estesamente di quanto abbiamo fatto per le macchine precedentemente descritte.

Allo scopo di fissare le idee, faremo precedere alla esposizione del principio qualche cenno sulla forma costruttiva più comune di questo alternatore, il cosidetto tipo a bobina centrale e a due indotti. Esso è rappresentato schematicamente nella fig. 5. $S\,S'$ sono due pacchi statorici lamellati, il rotore è semplicemente costituito da due ruote dentate $R\,R'$, l'avvolgimento induttore dalla bobina fissa B e l'avvolgimento indotto A è disposto in fori statorici chiusi o semichiusi. Nella maggior parte dei casi il numero dei fori dello statore è doppio del numero dei denti del rotore, come nella macchina rappresentata in figura.

Se si eccita la bobina di campo con una corrente continua si genera un flusso che si chiude nel modo indicato dalle linee a punto e tratto; lungo l'alesatura di uno statore questo flusso ha direzione costante ma densità variabile, perchè nel traferro si avrà una induzione maggiore in corrispondenza ai denti ed un'induzione minore in corrispondenza ai vani. A differenza di quanto avviene per gli alternatori usuali, un conduttore d'indotto qualsiasi si troverà sempre di fronte a poli dello stesso nome; da ciò il nome di alternatore omopolare. L'induzione lungo l'alesatura dello statore varierà intorno ad un valore medio ed il periodo dell'onda fondamentale di questa fluttuazione sarà uguale ad un passo di dentatura del rotore. Se i fori dello statore sono provvisti di intagli si avranno delle armoniche di dentatura, del cui effetto prescinderemo in questa esposizione di principio. Ammesso che lo statore sia liscio, la riluttanza del circuito magnetico offerto al flusso generato dalla bobina B è costante, indipendentemente dalla posizione della ruota polare; perciò la bobina induttrice non è sede di alcuna f.e.m. indotta. Altrimenti stanno le cose per l'avvolgimento A. Infatti nella posizione rappresentata in figura, il flusso concatenato con una bobina di questo avvolgimento è massimo; e quando il rotore avrà ruotato di un angolo corrispondente ad un mezzo passo della sua dentatura sarà minimo. Questa variazione di flusso darà luogo ad una f.e.m. alternata nella bobina. Si avrà un periodo completo della f.e.m. generata quando un punto della periferia del rotore si sarà spostato di un passo di dentatura, cioè di un periodo della curva di distribuzione di campo. Se indichiamo con p il numero di denti del rotore e con n il numero di giri al secondo la frequenza in periodi al secondo della f.e.m. generata sarà dunque $f = pn$; cioè a parità di frequenza occorre un numero di intagli rotorici che è la metà di quello di un alternatore eteropolare.

Si noti che, mentre i denti statorici sono sottoposti ad una variazione di flusso, il giogo statorico, il corpo del rotore e, ad una distanza sufficiente dalla base dei denti anche la corona dello statore, sono traversati da un flusso costante, ciò che evidentemente è molto importante, agli effetti delle perdite, in una macchina che serve a generare correnti a frequenza elevata.

Queste parti potrebbero perciò essere eseguite massicce e in pratica il giogo statorico lo è sempre.

Per quanto riguarda i denti del rotore, dato il piccolo traferro, se non si adottano fori statorici chiusi e in generale per le ragioni già spiegate a proposito degli alternatori eteropolari, è opportuno eseguirle lamellate, perchè altrimenti sarebbero sede di perdite sensibili.

Da quanto abbiamo detto è possibile stabilire un confronto fra questi alternatori e quelli che abbiamo chiamato a riluttanza variabile. Contrariamente a quanto si verifica nel tipo che descriviamo, allora tutto il circuito magnetico era sede di una variazione di flusso, e la bobina di eccitazione di una f.e.m. alternata che si sovrapponeva alla continua. A questo punto possiamo precisare una questione di nomenclatura che ha la sua importanza se si vogliono evitare confusioni. Come gli alternatori descritti nel paragrafo precedente, questi alternatori rientrano nella categoria degli alternatori a ferro rotante, perchè il rotore è costituito da una semplice ruota dentata sprovvista di avvolgimento. Per quanto riguarda la designazione « omopolare », il cui significato abbiamo precisato sopra, facciamo notare che anche quelli a riluttanza variabile (però non quello descritto da noi) esistono in forma costruttiva a cui è lecito applicare questo nome.

Per quanto riguarda invece la designazione « a riluttanza variabile », è bensì vero che la riluttanza del tratto di traferro che fa fronte ad una bobina dell'avvolgimento, indotto è variabile anche nel tipo che stiamo descrivendo (che perciò da molti viene chiamato a riluttanza variabile), ma se ci riferiamo a tutto il circuito induttore la riluttanza è variabile solo in quelli del paragrafo precedente.

Da quanto abbiamo detto risulta chiaramente che, per avere un numero di intagli rotorici che è metà di quello degli alternatori eteropolari, rotore privo d'avvolgimento che consente velocità periferiche elevate, flusso costante nella corona statore e perciò perdite nel ferro ridotte, gli alternatori omopolari sono particolarmente adatti per le alte frequenze (4).

Un altro tipo di alternatore omopolare, molto usato per le piccole potenze, è quello ad un solo statore ed a bobine di eccitazione distribuite, rappresentato nella fig. 6. Le bobine d'eccitazione B sono disposte in ampie cave ricavate nelle lamiere dello statore. Il numero dei circuiti magnetici risulterà uguale al numero di queste cave; si avrà perciò la stessa disposizione magnetica di una macchina a corrente continua avente altrettanti poli. Per quanto riguarda il principio di funzionamento questo alternatore non si differenzia affatto dal precedente. Dal

(4) È noto che questo tipo di alternatore molto usato verso la fine del secolo scorso anche per le frequenze industriali fu poi abbandonato perchè non consentiva una buona utilizzazione dei materiali, in quanto a parità di induzione massima la f.e.m. indotta in una spira è meno di metà che in un alternatore omopolare; nel caso delle alte frequenze ciò non ha alcuna importanza non essendo allora possibile trarre pieno profitto di questa particolarità degli alternatori eteropolari rispetto a quelli omopolari, perchè altrimenti si avrebbero perdite nel ferro troppo forti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

punto di vista delle perdite nel ferro questo tipo è svantaggioso. Infatti se si indica con c il numero delle grosse cave in cui sono allogate le bobine induttrici, si ha nel rotore un flusso alternato di frequenza $cn/2$; (inoltre in generale la riluttanza totale del traferro non è più costante, ma varia colla stessa frequenza della corrente generata e ciò dà luogo ad una pulsazione del flusso; l'ampiezza di quest'ultima pulsazione è tuttavia trascurabile in una macchina ben costruita). Comunque, per il primo di questi effetti, occorre assolutamente eseguire il rotore lamellato.

Per contro essi offrono alcune possibilità che non sono offerte dalle macchine del primo tipo. Per esempio, disponendo negli intagli del rotore un normale avvolgimento a corrente continua, facente capo ad un collettore si può

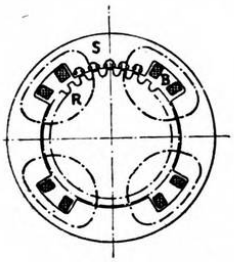


Fig. 6

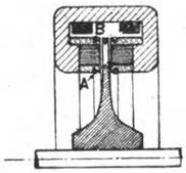


Fig. 7

Fig. 6. — Alternatore omopolare a bobine di eccitazione distribuite.
Fig. 7. — Alternatore Alexanderson.

ricavare una corrente continua che può servire per l'eccitazione dell'alternatore, od addirittura si possono conglobare nella stessa macchina le funzioni di motore a corrente continua e di alternatore ad alta frequenza.

Un'altra notevole forma costruttiva dell'alternatore omopolare è l'alternatore Alexanderson (fig. 7). Esso fu molto usato come è stato detto, per l'alimentazione di antenne radiotrasmittenti. Il rotore a disco era particolarmente studiato per le alte velocità di rotazione, il traferro assiale permetteva di trar profitto dalle note proprietà degli alberi flessibili e rendeva meno probabile i contatti accidentali della parte rotante colla parte fissa. L'esame della figura rende superflua ogni spiegazione, per chi abbia seguite le descrizioni precedenti.

Benchè negli alternatori omopolari si usino generalmente avvolgimenti monofasi distribuiti in un numero di fori doppio di quello dei denti del rotore (1 foro per polo e fase) non esiste in principio alcuna limitazione per quanto riguarda l'avvolgimento; è cioè possibile adottare avvolgimenti con un numero di fori per polo e fase qualunque.

Naturalmente, data la necessità di allogare nei fori un numero sufficiente di conduttori isolati, non si può discendere al di sotto di un certo valore per il passo della foratura dello statore e si cercherà perciò di adottare un numero di fori per polo e fase non molto elevato, in generale 1, talvolta un numero frazionario per es. 1/3, per non aumentare eccessivamente il diametro e conseguentemente la velocità periferica. Per le macchine ad altissima frequenza, la soluzione a fori frazionari è molte volte la sola possibile.

L'esame della fig. 8 dove si è supposto, partendo da un avvolgimento ad 1 foro per polo e fase, di eliminare alcuni fori, rende superflua ogni spiegazione sulla possibilità di impiego di un numero di fori per polo e fase frazionario. Riducendo il numero di fori si aumenta la reattanza di dispersione ma questa può essere facilmente compensata impiegando dei condensatori.

Benchè in principio sia anche possibile adottare avvolgimenti polifasi costruiti in modo analogo a quello dei comuni alternatori, ciò è praticamente difficile per la difficoltà di aumentare il numero di cave per polo.

Si può però generare correnti alternate polifasi anche senza aumentare il numero di cave dello statore rispetto ad un alternatore monofase; per esempio nel caso di un alternatore del tipo a due indotti basterà calettare i rotori con un angolo di 90° elettrici fra di loro (oppure girare gli statori dello stesso angolo) per avere un sistema bifase.

Poichè un sistema bifase si può trasformare in un sistema trifase per mezzo di un trasformatore statico (Scott, Leblanc) ciò offre anche la possibilità di ottenere correnti trifasi senza gli inconvenienti derivanti dall'esecuzione con un numero triplo di fori statorici.

Evidentemente questa trasformazione si può realizzare direttamente sull'alternatore senza usare un trasformatore esterno adottando una disposizione adatta d'avvolgimento.

A causa del numero di fori per polo e fase ridotto si può ripetere quanto abbiamo già detto a proposito degli alternatori del tipo eteropolare riguardo alla curva d'onda della tensione generata e del modo di migliorarla.

Prima di chiudere questo paragrafo ricordiamo una particolarità della caratteristica della tensione a vuoto degli alternatori omopolari (fig. 9). La tensione generata raggiunge un massimo per un certo valore della corrente d'eccitazione ed un aumento ulteriore dell'eccitazione provoca una diminuzione della tensione. Ciò si spiega facilmente se si considera che il valore medio della f.e.m. indotta è proporzionale alla differenza dei flussi concatenati con una bobina d'indotto nelle due posizioni estreme caratterizzate rispettivamente dall'essere l'asse della bobina in coincidenza con un dente del rotore oppure con una cava dello stesso; ora, quando i denti sono saturati, un aumento dell'eccitazione provoca un aumento del flusso di cava, senza che il flusso che esce nel traferro in corrispondenza ai denti aumenti sensibilmente. Perciò la differenza dei due flussi e con essa la f.e.m. finirà per diventare nulla per un certo valore della corrente d'eccitazione.

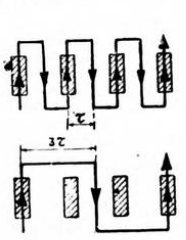


Fig. 8

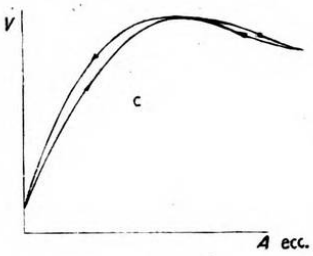


Fig. 9

Fig. 8. — Impiego di un numero di fori per polo e fase frazionari.
Fig. 9. — Caratteristica di magnetizzazione.

Si può esprimere lo stesso fatto in termini più precisi nel modo seguente: fintanto che il ferro non è saturato, la superficie del rotore è dal punto di vista magnetico una superficie di livello ed il flusso si distribuisce sull'alesatura secondo una certa legge che dipende esclusivamente dal profilo del rotore. Coll'aumentare dell'induzione, causa le cadute di potenziale magnetico nel ferro, le superfici di livello tendono a diventare cilindri circolari coassiali all'alesatura dello statore, cioè il campo tende a diventare uniforme e pertanto la f.e.m. a diventare nulla. Come è stato detto in modo suggestivo, con una eccessiva eccitazione si « cancellano » i poli.

Si noti inoltre l'andamento caratteristico della curva di magnetizzazione per valori decrescenti della corrente d'eccitazione, rispetto a quella per valori crescenti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

DESCRIZIONE DI ALCUNI ALTERNATORI AD ALTA E MEDIA FREQUENZA DI RECENTE COSTRUZIONE.

Come abbiamo visto gli alternatori a media ed alta frequenza sono, in principio, macchine molto semplici; tuttavia la loro costruzione offre notevoli difficoltà, che nelle macchine di grande potenza sorgono dalla necessità di ridurre al minimo le perdite per non dover provvedere, in condizioni difficili, all'evacuazione di una notevole potenza dissipata sotto forma di calore ed inoltre per avere un rendimento sufficientemente elevato.

Nelle macchine di piccola potenza le difficoltà sono invece prevalentemente di ordine tecnologico. Occorre infatti eseguire difficili tranciature, adottare traferri piccolissimi e le centrature ed i montaggi in genere richiedono la massima precisione.

Per dare un'idea di queste difficoltà riteniamo opportuno descrivere un alternatore a 15 000 Hz. Di questo tipo il Tecnomasio Italiano ha eseguito recentemente una prima fornitura di 65 esemplari per conto di una importante fabbrica di apparecchi radioelettrici (5).

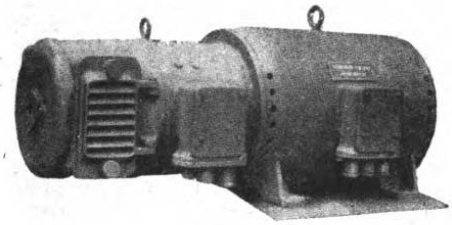


Fig. 10

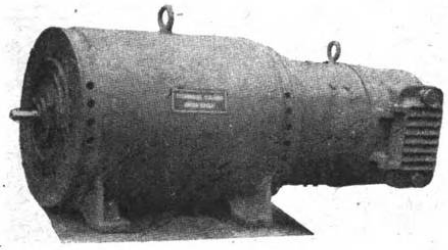


Fig. 11

Fig. 10. — Gruppo monoblocco - Alternatore a 15 000 Hz, 4280 g/min, 3,5 kVA con motore di comando.
Fig. 11.

L'alternatore (vedi fig. 10 e 11) in esecuzione protetta, con cuscinetti e sfere, è del tipo omopolare, a ferro rotante con due indotti fissi, e bobina di eccitazione centrale ed il motore di comando a corrente continua è direttamente addossato all'alteratore.

Nella carcassa in acciaio fuso sono ricavate, una per lato, due imposte, nelle quali sono centrati gli indotti; opportune chiavette impediscono ogni spostamento di questi nel senso periferico.

Il nucleo di ogni indotto è costituito da un pacco di lamierini magnetici tenuto insieme da due robuste piastre di testa e da due file di tiranti a testa ribadita, disposti lungo due circonferenze di raggio diverso. I lamierini definitivamente adottati sono del tipo usato normalmente nelle costruzioni elettromeccaniche; sono noti tipi speciali di lamierini di piccolo spessore a perdite ridottissime studiati appositamente per l'impiego negli alternatori ad altissima frequenza, ma si dovette rinunciare al loro impiego data l'impossibilità contingente di approvvigionamento sul mercato nazionale. Ciononostante è stato possibile mantenere il peso ed il rendimento delle macchine al loro valore contrattuale. Benchè i tiranti e specialmente quelli della fila esterna, siano disposti in una zona dove normalmente non si verificano sensibili variazioni di flusso, per misura prudenziale essi sono stati tuttavia isolati rispetto alle lamiere mediante tubetti e rondelle isolanti; viene così completamente eliminato il pericolo di correnti circolanti, anche se si verificassero variazioni dovute a cause accidentali. Nel pacco lamiere sono praticati dei fori assiali per facilitarne il raffreddamento

Fig. 12

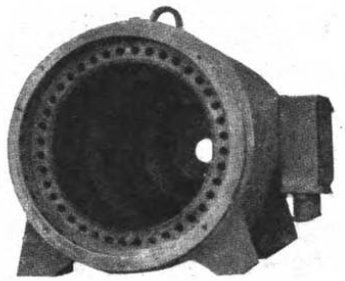


Fig. 13

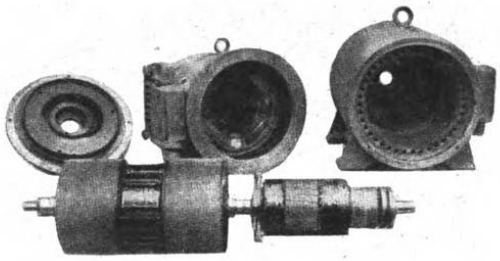


Fig. 14

Fig. 12. — Rotore di un gruppo monoblocco con alternatore a 15 000 Hz.
Fig. 13. — Statore di un gruppo monoblocco con alternatore a 15 000 Hz.
Fig. 14. — Gruppo monoblocco con alternatore a 15 000 Hz smontato.

L'avvolgimento indotto è disposto in fori circolari semichiusi. Poichè l'avvolgimento è costituito da un solo filo di sezione circolare, la forma di cava prevista, pur offrendo al conduttore una sicura sede, è tale da permettere di realizzare una riluttanza notevole ai flussi dispersi in modo da limitare la reattanza dell'alternatore, che altrimenti raggiungerebbe valori troppo elevati.

L'avvolgimento indotto è costituito da un filo di rame isolato per la piena tensione, che costituisce le singole bobinette, in modo da avere nel complesso un conduttore continuo che successivamente attraversa tutte le cave di un indotto. Poichè la tensione adottata richiedeva il col-

(5) Il Tecnomasio Italiano ha ora in costruzione un alternatore a 30 000 Hz, 50 kW, che descriveremo in una prossima occasione.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

legamento in parallelo dei due indotti, allo scopo di evitare correnti di circolazione che, dato il piccolo passo polare, potrebbero avere luogo anche con un piccolissimo spostamento angolare dei due indotti, gli avvolgimenti sono stati divisi in due parti e ciascuna metà venne collegata in serie con una metà dell'altro indotto, indi si è eseguito il collegamento in parallelo.

È evidente il vantaggio di avere un solo conduttore circolare in una cava della stessa forma, sia per ciò che riguarda l'isolamento fra spire che per la buona utilizzazione dello spazio.

Il rotore (fig. 12) è costituito da due pacchi di lamiere fornite di intagli periferici in relazione al numero dei poli; il profilo dell'intaglio è stato studiato in maniera che la forza elettromotrice dell'alternatore abbia un andamento il più vicino possibile alla sinusoide. Questo risultato è

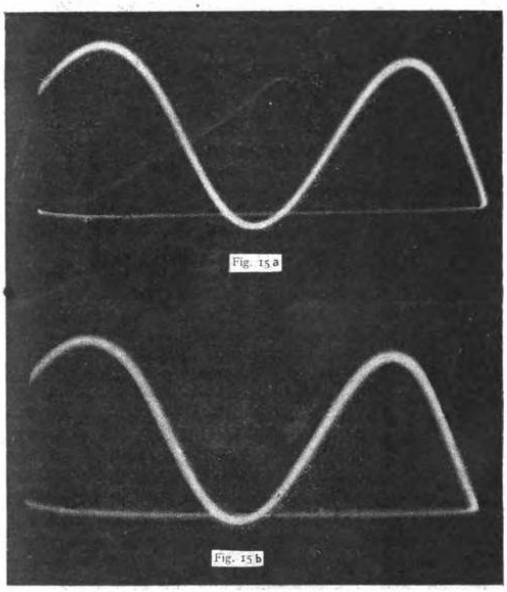


Fig. 15 *a*. — Curva d'onda della tensione a vuoto dell'alternatore a 15 000 Hz rappresentato in fig. 12.

Fig. 15 *b*. — Curva d'onda della tensione a carico dell'alternatore a 15 000 Hz rappresentato in fig. 12.

stato raggiunto come risulta dall'oscillogramma fig. 15 rilevato con l'oscillografo catodico.

Inoltre la forma arrotondata degli intagli sul fondo è garanzia contro ogni pericolo di indebolimento e conseguente rottura dei denti.

I pacchi sono montati in corrispondenza dell'indotto, ciascuno fra due guancie, di cui una fa parte di un corpo di acciaio, l'altra è saldata al corpo stesso. Il rotore costituisce così un insieme compatto e rigido e non si verificano perciò vibrazioni pericolose.

Nel corpo del rotore sono praticate adatte aperture e nella sua parte centrale sono saldate delle alette in modo da provocare un'attiva circolazione d'aria, attraverso le aperture stesse verso il pacco statorico.

La bobina induttrice a forma cilindrica è disposta fra i due indotti. È costituita da filo smaltato, opportunamente rinforzata con anelli isolanti, e nastrata accuratamente.

È da notare che è stata posta particolare attenzione ad una esecuzione meccanica accurata, dato il piccolo valore del traferro, che è di soli 0,25 mm.

Com'è noto, alternatori di questo tipo vengono completamente sfruttati solo se fatti funzionare su circuito accordato.

In tali condizioni l'alternatore descritto è in grado di fornire 3,5 kVA a 100 V, a 4280 giri/min, 15 000 Hz, però la sua potenza potrebbe essere notevolmente aumentata se si adottassero lamierini magnetici di tipo speciale.

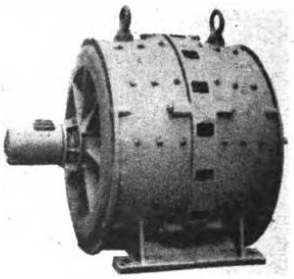


Fig. 16

Fig. 16. — Alternatore 120 kVA, 3000 Hz con eccitatrice.

I particolari descritti risultano dalle figg. 12, 13 e 14 che illustrano l'alternatore smontato: sono visibili, nella fig. 13 (statore) i due pacchi lamellati, con l'avvolgimento, la bobina centrale d'eccitazione e la morsettiera.

Potrà riuscire interessante sapere che questo gruppo è stato costruito per una applicazione nella quale era stato previsto in origine un generatore a triodi; non essendo stato possibile montare quest'ultimo generatore si è dovuto ricorrere ad un gruppo rotante e il capitolato prescriveva severe condizioni per quanto riguardava peso e rendimento; queste prescrizioni sono state rispettate ed i risultati ottenuti hanno riscosso la completa approvazione del cliente.

Un'altra macchina interessante, pure del tipo omopolare, è quella rappresentata nella fig. 16. Essa è destinata all'alimentazione di un forno ad induzione di tipo speciale per la ricottura continua del filo d'acciaio, ed ha una potenza di 120 kVA a 3000 Hz, in figura è visibile l'eccitatrice direttamente addossata all'alternatore. Si noti che la carcassa è divisibile in due parti per facilitare lo smontaggio delle bobine di eccitazione.

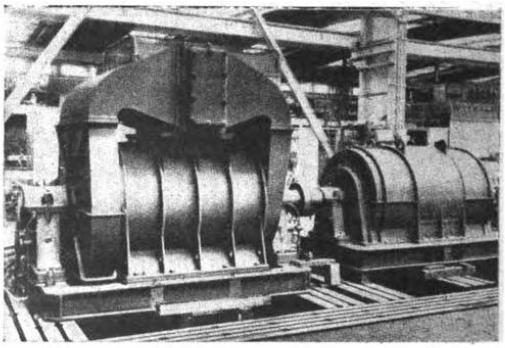


Fig. 17. — Alternatore a 500 Hz, 3500 kVA, 1500 g/min con motore di comando.

La fig. 17 e le seguenti rappresentano invece un alternatore trifase a media frequenza del tipo eteropolare. Questa macchina è destinata alla prova dell'isolamento tra spire adiacenti nei grossi trasformatori, prova che,

Biblioteca nazionale centrale di Roma

com'è noto, viene generalmente eseguita aumentando la frequenza in proporzione alla tensione applicata (anche fino a 2 volte la normale) cioè a flusso costante, ma che sarebbe invece conveniente eseguire a frequenza ancora maggiore allo scopo di ridurre la potenza richiesta dalla prova che nel caso di grandi trasformatori è considerevole rispetto alle normali disponibilità delle sale prove. Il generatore in questione è previsto per una frequenza di 500 Hz e per una potenza massima di 3500 kVA a $\cos\varphi = 0{,}2$; eseguendo le prove con dei condensatori in parallelo è possibile superare ancora di molto questa potenza. Dato che per il genere di applicazione per cui è stata prevista la macchina occorre avere una curva d'onda della tensione il più vicino possibile alla sinusoidale,

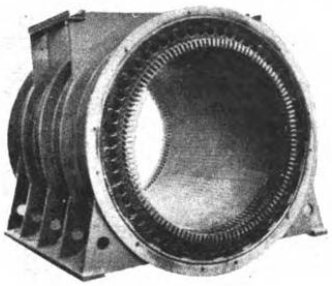


Fig. 18

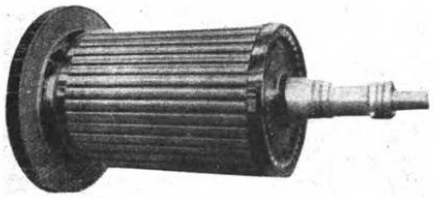


Fig. 19

Fig. 18. – Statore dell'alternatore a 500 Hz rappresentato in fig. 17.
Fig. 19. – Rotore dell'alternatore a 500 Hz rappresentato in fig. 17.

si sono dovuti adottare all'uopo gli accorgimenti di cui abbiamo parlato nelle pagine precedenti. La macchina è prevista con ventilazione assiale in circuito chiuso e a questo riguardo si possono osservare nella fig. 18 i fori di ventilazione praticati nel pacco delle lamiere statoriche, nella fig. 19 il ventilatore, e nella fig. 17 il refrigerante e le condotte di prelevamento e di adduzione dell'aria. Nella fig 19 rappresentante il rotore sono distintamente visibili le scanalature nelle quali è allogato l'avvolgimento induttore, le testate dello stesso avvolgimento sormontate da anelli di amarraggio che unitamente alle chiavette di chiusura delle cave costituiscono anche l'avvolgimento smorzatore.

Come dimostrano le righe precedenti gli alternatori a media ed alta frequenza hanno assunto una notevole importanza industriale e la loro costruzione è possibile in campi di frequenza e di potenza tali che essi sono adatti alle più svariate applicazioni.

4 *maggio* 1945.

BIBLIOGRAFIA

(1) J. BETHENOD: *Les alternateurs à haute fréquence*, « Etienne Chiron », Paris, 1926.
(2) M. LATOUR: *Les alternateurs à haute fréquence*, « R.G.E. », 12 aprile 1919, pag. 557.
(3) C. M. LAFFOON: *High - Frequency Alternators*, « The Electric Journal », settembre 1924.
(4) K. METZLER: *Die Magnetisierungscharakteristik der Gleichpol-Induktortype*, « Archiv für Elektr. », 1927.
(5) M. C. SPENCER: *A 10 kW 20 000 Cycle Alternator*, « Journal A.J.E.E. », luglio 1927.
(6) NIETHAMMER: *Die Gleichpoltype als Hochfrequenzerzeuger*, « E.u.M. », 1927, pag. 345.
(7) KARL SCHMIDT: *Fortschritte im Bau von Mittel- und Hochfrequenzmaschinen*, « E.T.Z. », 25 ottobre 1928.
(8) OBOUKHOFF: *Eine Methode zur Berechnung von Mittel- und Hochfrequenzmaschinen mit besonderer Berücksichtigung der Induktortype*, « Archiv für Elektr. », 1931.
(9) F. W. MERRIL: *Inductor Alternator for Signaling Purposes*, « Electrical Engineering », gennaio 1934.
(10) E. KOMAR - B. DEFRASSE: *Choix d'un type de générateur à haute fréquence pour l'alimentation des fours à induction*, « R.G.E. », 8 settembre 1934, pag. 341.
(11) JOSEF TITTEL: *Grenzleistungen im Bau von Mittel und Hochfrequenzmaschinen*, « V.D.E. Fachberichte », 1937, pag. 65.
(12) H. FEHLMANN - W. WIDMER: *Verwendung von Mittelfrequenz-Energie in der Industrie*, « B.B.C. Mitteilungen », maggio 1944, pag. 159.

L'ENERGIA DEL NUCLEO ATOMICO E LA SUA UTILIZZAZIONE

G. C. TRABACCHI

Conferenza tenuta alla Sezione di Roma il 9 ottobre 1945.

In una conferenza tenuta il 9 ottobre nella sede della sezione Romana della Associazione Elettrotecnica Italiana l'A. espone in forma elementare le nozioni fondamentali sulla costituzione della materia ed i rapporti tra materia ed energia e riferisce quello che si sa sulla utilizzazione che si è fatta della energia atomica per scopi bellici e sulle possibilità che si prevedono per le applicazioni industriali.

Quando intorno ad Enrico Fermi si formò quella scuola di Fisica nucleare, i cui clamorosi successi culminarono nel 1938 con il conferimento del premio Nobel per la Fisica al nostro illustre scienziato, colui che si occupava di procurare i mezzi perchè il lavoro sperimentale potesse svolgersi senza troppe difficoltà era il compianto professore Orso Mario Corbino. Egli per primo aveva scoperto nel giovanissimo Fermi il lampo del genio, e, finchè visse, fu il suo consigliere e sostenitore.

Scomparso il Corbino, io, che avevo la fortuna di trovarmi in un Istituto, che, per la illuminata direzione di Domenico Marotta, dispone di ricchi mezzi di studio, proposi di offrire la più ampia ospitalità nel Laboratorio di Fisica ai colleghi dell'Università. La proposta fu accolta e si venne così a realizzare una perfetta collaborazione, che ha permesso di pubblicare, in questi ultimi anni, importanti lavori di fisica nucleare di Mario Ageno, Edoardo Amaldi, Daria Bocciarelli, N. B. Cacciapuoti, Bruno Ferretti, Franco Rasetti e G. C. Trabacchi.

È forse per questa ragione che la presidenza dell'Associazione Elettrotecnica Italiana ha pensato di rivolgersi a me perchè vi mettessi al corrente delle attuali cognizioni che permettono di rendersi conto di come si possano ottenere, dalla disintegrazione dei nuclei atomici, enormi quantità di energia.

Entrerò subito in argomento, cominciando dalle nozioni fondamentali, che cercherò di esporvi nella forma più facilmente accessibile a persone, che, pur essendo

Biblioteca nazionale centrale di Roma

colte, non hanno mai avuto occasione di occuparsi di questo genere di studi.

La infinita varietà sotto la quale ci si presenta la materia che ci circonda risulta costituita dall'associazione di un numero limitato di corpi semplici o elementi: in realtà, 92; in pratica, non più di 60 perchè molti sono assai rari.

Ogni elemento è costituito da atomi tutti eguali fra loro; esaminando la costituzione di questi atomi, si trova che le cose si semplificano ancora, con monotona uniformità. Dalla osservazione di tutti i fenomeni noti, si è stati infatti condotti ad ammettere che gli atomi di tutti i corpi hanno i medesimi componenti; le differenti proprietà fisiche e chimiche delle varie sostanze sono unicamente dovute a differenze quantitative nella composizione dei loro atomi. Qualsiasi atomo risulta costituito da un nucleo, avente una certa massa e una certa carica positiva, attorno al quale si muovono, come pianeti intorno al sole, tanti elettroni, (cioè corpuscoli leggerissimi aventi carica elettrica negativa), quante sono le unità che costituiscono la carica positiva del nucleo; cosicchè, neutralizzandosi le due cariche opposte ed uguali, l'atomo, nel suo complesso, risulta neutro.

L'atomo più semplice è quello dell'idrogeno, costituito da un nucleo avente una certa massa e una carica positiva eguale, in valore assoluto, alla carica di un elettrone; intorno al nucleo si muove un solo elettrone. Il nucleo dell'idrogeno si chiama *protone*: questo, insieme con corpuscoli aventi la sua stessa massa, ma privi di qualsiasi carica — i *neutroni* — costituisce i nuclei di tutti gli altri elementi.

Dopo l'idrogeno, l'atomo più semplice è quello di elio, il cui nucleo è costituito da due protoni e due neutroni: la sua carica sarà *due* e quindi due saranno gli elettroni che gli girano attorno.

Si chiama *numero atomico* il numero di protoni — e quindi di elettroni — che si trovano nell'atomo; perciò questo numero sarà *uno* per l'idrogeno, *due* per l'elio, e così di seguito.

L'atomo più complesso è quello dell'uranio, che ha numero atomico 92, e quindi 92 protoni nel nucleo e 92 elettroni che costituiscono il suo complicato sistema planetario.

Il peso di un atomo è praticamente tutto nel suo nucleo, perchè gli elettroni sono assai leggeri (circa 1/2000 del protone); quindi, se un atomo di uranio pesa 235, vuol dire che, oltre ai 92 protoni, si trovano nel suo nucleo 143 neutroni (il numero dei neutroni contenuti in un atomo è quindi sempre la differenza fra il peso atomico ed il numero atomico).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
	1H 1,00817; 2,0147; 3,0170							
2He 4,0041	3Li 6,0171; 7,0182	4Be 9,0150	5B 10,0162; 11,0129	6C 12,0038; 13,0075	7N 14,0075; 15,0048	8O 16; 17,0045; 18,0045	9F 19,0045	
10Ne 19,9987 20,9956; 21,9987	11Na 22,9974	12Mg 23,9946; 24,9952; 25,9913	13Al 26,9977	14Si 27,9866; 28,9865 29,9854	15P 30,9840	16S 31,9828; 33; 33,9800	17Cl 34,9808 36,9785	
18A 35,9767 37,9746 39,9755	19K 39,40,41 29Cu 63,65	20Ca 40,42,43 44 30Zn 63,937; 66, 67,68,70	21Sc 45 31G 69,71	22Ti 46,47,48, 49,50 32Ge 70,72,73 74,76	23V 51 33As 74,934	24Cr 50; 51,948; 53,54 34Se 74,76,77; 77,937; 79,941; 82	25Mn 55 35Br 76,929 80,926	26Fe 54,56, 57,58 27Co 57,59, 28Ni 57,942; 60,61, 62,64
36Kr 77,926; 79,926; 81,927 82,927; 83,928; 85,929	37Rb 85,87 47Ag 107, 109	38Sr 84; 85,923 86,925; 88 48Cd 105,108,110, 111,112,113,114,116	39Y 89 49In 113, 115	40Zr 90,91,92 94,96 50Sn 112,114,115,116, 117,118,119; 119,912,122,124	41Nb 93 51Sb 121, 123	42Mo 92,94,95,96 97,97,945; 99,945 52Te 120,122,123,124, 125,125,937; 127,936,130	43 53I 127	44Ru 96,98,99, 100,101, 102,104 45Rh 101 103 46Pd 102,104 105,106 108,110
54Xe 124,126,128, 129,130,131,132, 133,929; 136	55Cs 133	56Ba 130,132,134,135, 136,137; 137,916	Terre rare	72Hf 176,177,178, 179,180	73Ta 181	74W 182,183; 184,00; 186 84Po	75Re 185 85 186,981	76Os 186,187, 188,189, 189,981; 191,981 77Ir 191 193 78Pt 192,194 195,196 198
	79Au 197	80Hg 196,198,199 200,016; 201,202,204	81Tl 203,205	82Pb 204,206 207,208	83Bi 209			
86Rn	87	88Ra	89Ac	90Th 232,070	91UX	92U 235,084; 238,088		
Terre rare								
57La 139	58Ce 140,142	59Pr 141	60Nd 142,143,144,145, 146,148,150	61	62Sm 144,147,148,149, 150,152,154,	63Eu 151,153	64Gd 155,156,157, 158,160	65Tb 159	66Ds 161,162, 163,164	67Ho 165	68Er 166,167, 168,170	69Tu 169	70Yb 171,172,173, 174,176	71Lu 175

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

Fig. 1.

Vi mostro qui una tabella (fig. 1) dove gli elementi sono ordinati in modo che quelli di una stessa colonna hanno tutti le stesse proprietà chimiche: come potete constatare, ogni elemento ha un numero progressivo; ebbene quel numero non è soltanto un numero d'ordine, esso è il *numero atomico* del quale vi ho detto poco fa il significato. Questo numero noi lo determiniamo con mezzi fisici e qui lo troviamo strettamente legato alle proprietà chimiche dell'elemento.

La presenza di qualche neutrone in più o in meno in un nucleo non cambia le proprietà chimiche dell'elemento a cui il nucleo appartiene; quindi, per ciascun valore del numero atomico, vi possono essere vari elementi che differiscono di peso atomico. Così, ad es., quando si dice *piombo*, si intende una famiglia di elementi aventi tutti lo stesso numero atomico 82, ma con differente numero di neutroni nel nucleo, per cui pesano 204, 206, 207, 208, ma hanno tutti le stesse proprietà chimiche.

I componenti di queste famiglie, che il fisico sa separare in vari modi, come, ad es, con un apparecchio che si chiama spettrografo di massa, si chiamano *isotopi*. Essi sono elementi diversi per il fisico, che studia le proprietà dei nuclei, ma sono indistinguibili nel campo dei comuni fenomeni chimici.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Da quanto abbiamo detto finora, risulta che tutta la materia è costituita da aggregazioni diverse di *protoni*, *neutroni* ed *elettroni*.

A questo punto viene in mente a tutti di ripensare al sogno degli alchimisti; e qualcuno potrebbe ritenere che quei primitivi studiosi avessero potuto veder chiaro in questi argomenti. Ora, io credo che il pensiero degli alchimisti, in confronto con le teorie moderne sulla costituzione della materia, debba esser valutato alla stessa stregua del pensiero degli antichi Romani sulle cause delle malattie, in confronto a quello che si sa ora sulla esistenza dei batteri. Per es. Terenzio Varrone Atacino, scrive: « Sunt animalia quaedam minuscula, quae per aere intus in corpus per os ac nares perveniunt, atque efficiunt difficiles morbos ». Nessun biologo moderno potrà asserire che in queste parole vi sia la divinazione della concezione moderna del mondo microbiologico!

Tornando ai nostri atomi, la prima domanda che ci viene naturale è quanto sia grande un atomo. Se io dico che il diametro di un atomo è di 10^{-8} cm, e anche se scrivo 0,00000001 cm, è assai difficile rendersi conto di questa grandezza. Vediamo perciò di esprimerci in modo più chiaro. Supponendo di poter mettere in fila, l'uno vicino all'altro, un milione di atomi, essi costituirebbero una catena lunga quanto lo spessore di un capello.

« E i nuclei — chiederà qualcuno — come sono grossi? »

Corbino soleva ripetere questo esempio: se prendete un piccolo pallino da caccia e lo supponete ingrandito come il globo terrestre, gli atomi di piombo che lo costituiscono diventeranno grossi come palle da biliardo e... i nuclei come piccoli granelli di sabbia, appena visibile. Come vedete, l'atomo è piccolo, ma la sua parte pesante è assai più piccola, cosicchè i nuclei stanno assai lontani fra loro, essendo il loro diametro la decimillesima parte del diametro degli atomi.

Per farvi un'idea più chiara di ciò, pensate che, mentre un centimetro cubo di atomi d'oro, cioè press'a poco la quantità che occorre per fare un grosso anello, pesa 19 grammi, se tutto lo spazio, dove si muovono gli elettroni, fosse occupato da nuclei d'oro, il peso di quel centimetro cubo, cioè di quell'anello, sarebbe di 19 milioni di tonnellate.

Vediamo ora di farci un'idea di quanto può pesare un atomo di idrogeno. Al solito, i numeri tanto piccoli parlano poco chiaro alla nostra mente, e quindi ha poco senso che io dica che un atomo di idrogeno pesa grammi $1{,}6 \times 10^{-24}$, ovvero gr zero, virgola 23 zeri 16. Ci vuole un esempio: supponiamo che potessi prendere atomi di idrogeno a un miliardo per volta, e che ne mettessi ad ogni secondo un gruppetto sulla bilancia. Continuando giorno e notte l'operazione, per mettercene un grammo, dovrei lavorare continuamente 30 milioni di anni.

Detto così alla buona della grandezza e del peso degli atomi, vediamo come si svolge la loro vita.

Gli atomi di peso inferiore a 209 e di numero atomico inferiore a 83 — cioè i corpi che hanno meno di 83 protoni nel nucleo e 83 elettroni periferici — sono, salvo rare eccezioni, in condizioni di completa stabilità; mentre quelli corrispondenti ai dieci numeri superiori, da 83 fino al 92, presentano quasi tutti una irrequietezza nei loro nuclei, dando origine a quei fenomeni, che noi chiamiamo di radioattività naturale. Questi si manifestano con trasmutazioni dovute ad una alterazione della compagine nucleare, con conseguente emissione di una o più delle particelle che la compongono; si forma così un elemento diverso.

Per non complicare le idee, prendiamo un esempio: l'elemento 88 è il Radio. Se noi ne consideriamo un frammento e, con mezzi adeguati, osserviamo quel che accade degli atomi che lo compongono, vediamo che ogni tanto uno di essi lancia dall'interno del suo nucleo una particella, costituita da due protoni e due neutroni; e la lancia con tale energia che, malgrado la sua massa, essa, come un proiettile, può percorrere in seno all'aria qualche centimetro. Noi sappiamo costruire apparecchi che permettono di contare questi proiettili, misurarne la gittata e valutarne la forza viva. Essa corrisponde, nel caso da noi citato, a oltre quattro milioni di voltelettroni – essendo il voltelettrone la quantità di energia che possiede un elettrone accelerato dalla differenza di potenziale di un volt.

Questa rilevante quantità di energia trae origine dalla scomparsa di una piccola quantità di materia.

La materia può trasformarsi in energia nel rapporto di un grammo a 25 milioni di kWh. Quindi si capisce come, dato l'elevato tasso di cambio tra materia ed energia, basti la scomparsa di una piccola quantità di materia, per giustificare l'emissione, da parte dell'atomo, di particelle dotate di energia enorme.

Torniamo al caso del radio. Che cosa accade a quel l'atomo di radio dopo che ha perduto quel corpuscolo, che noi chiamiamo « particella alfa? » Esso non pesa più 226, perchè ha perduto un peso 4, nè ha più il numero atomico 88, perchè ha perduto due cariche: esso è perciò diventato un altro elemento, con proprietà fisiche e chimiche diverse (peso atomico 222 e numero atomico 86). E infatti l'insieme degli atomi che hanno subito questa sorte costituisce un gas, che noi possiamo separare dal radio e che viene chiamato *emanazione* o Radon. Con analogo processo, l'emanazione dà luogo al radio *A*, e così di seguito, con successive trasmutazioni, si arriva fino all'atomo di piombo, che è stabile. Durante la trasformazione di un atomo di radio in un atomo di piombo, vengono emesse sei particelle alfa con una energia complessiva che ammonta a circa 35 milioni di voltelettroni. Cosicchè, se si fa il calcolo per tanti atomi da formare un grammo, si ha un'energia che, espressa in unità a voi più familiari, risulta di 3500 kWh. Questi calcoli si possono controllare sperimentalmente, in modo abbastanza semplice.

Se si mette un grammo di radio in un calorimetro, si trova che esso sviluppa 140 piccole calorie per ogni ora; moltiplicando per 24, per 365, per 2300 (vita media dell'atomo del radio), si può calcolare il calore svolto nella trasformazione di un grammo di radio in piombo. Si trovano così tre milioni di grandi calorie, che corrispondono ai 3500 kWh ottenuti calcolando l'energia delle particelle alfa. In questo calcolo non si considera l'energia che compete alle altre radiazioni emesse, e cioè ai raggi beta e gamma, perchè trascurabile rispetto a quella dei raggi alfa.

Come si è visto l'energia messa in gioco è assai grande, poichè, per ottenere 3500 kWh, si deve pensare che un gruppo termico consuma tre tonnellate e mezzo di carbone, ammesso che bruciando 1 kg di carbone si ottenga 1 kWh. Ciò, però, nel caso del radio, avviene in un periodo di tempo di quasi due mila anni. Se volessimo avere la stessa energia in più breve tempo, sarebbe necessario che il radio — o un'altra sostanza radioattiva — accelerasse i processi di disintegrazione.

Per ora non si conosce alcun metodo per alterare comunque l'andamento dei fenomeni radioattivi; perciò l'aumento di *potenza* di questa macchina a combustibile nucleare non si può ottenere che servendosi di una gran massa di sostanza radioattiva. Si calcola che una sfera di radio, avente un metro di raggio, irradi permanentemente 3500 kilowatt.

Con l'impiego di questa enorme massa di radio si otterrebbe in un'ora l'energia di cui prima si parlava e che è emessa da un grammo di radio nel trasformarsi in piombo. Non è difficile rendersi conto della inattuabilità di un tale progetto.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Ho detto prima che con i nostri apparecchi noi possiamo misurare tutto quello che ci interessa nei riguardi del mondo atomico: possiamo inoltre determinare, in un ambiente detto camera a nebbia, ideato dal fisico inglese Wilson, particolari condizioni, per cui il passaggio delle particelle che io ho finora nominato può essere rivelato da un filo di nebbia che si forma sul loro cammino. Queste traccie sono visibili, e quindi fotografabili.

Ecco ad esempio la fotografia di traccie di particelle alfa, emesse da un preparato di polonio (fig. 2).

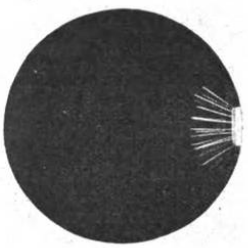


Fig. 2

Fig. 3

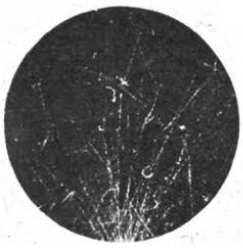


Fig. 4

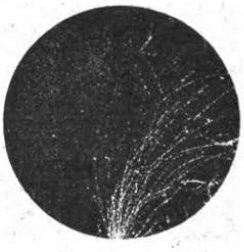


Fig. 5

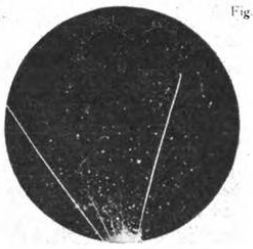


Fig. 6

Queste (fig. 3) sono particelle alfa del torio, che essendo dotate di maggior energia, hanno un percorso maggiore; qui (fig. 4) si possono vedere traccie di elettroni, dette raggi beta, che sono tortuose, perchè gli elettroni, che sono leggerissimi, cambiano continuamente direzione, urtando gli atomi del gas in cui si muovono. Queste (figura 5) sono pure traccie di raggi beta che sotto l'azione di un campo magnetico risultano incurvate.

Dalla curvatura noi determiniamo la loro energia, perchè tanto più essa è grande e tanto minore è l'azione del campo magnetico su di esse.

Queste infine (fig. 6) sono traccie di protoni, cioè nuclei di idrogeno.

*

Dopo tanti anni dedicati allo studio dei complessi fenomeni della radioattività naturale, gli scienziati hanno cercato di provocare fenomeni dello stesso genere in quella pacifica categoria di atomi di basso peso atomico, che per conto loro rimanevano stabili.

Il primo che ebbe successo fu Lord Rutherford, fisico newzelandese, che a Cambridge ottenne la disintegrazione di nuclei stabili bombardandoli con particelle alfa, cioè con corpuscoli che, come già si è detto, hanno una massa 4 e una carica + 2, e che perciò sono identici ai nuclei di Elio. Queste particelle, che vengono spontaneamente emesse dalle sostanze radioattive naturali, sono di facile uso, ma di scarso rendimento perchè, avendo una carica positiva, quando si dirigono verso un nucleo, specialmente se questo è di peso elevato — e quindi ha una carica forte — ne vengono respinte, e solo in casi eccezionali possono investirlo, dando così luogo ad un cataclisma, dal quale il nucleo può venir trasformato in un nucleo diverso.

Per rendere più probabile il verificarsi del fenomeno, si pensò di aumentare il numero dei proiettili, usando nuclei di idrogeno o di deuterio, i quali, avendo anch'essi una carica positiva, possono essere accelerati con un campo elettrico ed acquistare così una energia anche superiore a quella delle particelle naturali; sebbene la loro carica, pur essendo metà di quella delle particelle alfa, rappresenti sempre un ostacolo, aumentando il numero e l'energia dei proiettili (il volume di fuoco, direbbe un artigliere) cresce il numero dei bersagli colpiti. Infatti con questo metodo, Cockcroft e Walton nel 1932 ottennero importanti reazioni nucleari, confermando con vari esempi la possibilità che un nucleo colpito si spezzi e lanci i suoi frammenti con una energia che può essere anche enormemente superiore a quella arrecata dal proiettile.

Fu a questo punto nella storia della fisica nucleare che nacque la speranza di poter utilizzare l'energia proveniente dalla disintegrazione dei nuclei atomici.

Intanto a Parigi i coniugi Joliot-Curie avevano scoperto che qualche volta alcuni nuclei colpiti da particelle alfa non scoppiano subito, ma fanno come le sostanze radioattive naturali, e cioè esplodono spontaneamente di tempo in tempo.

Al fenomeno fu dato il nome di radioattività artificiale.

Enrico Fermi ebbe per primo l'idea di usare, come proiettile per bombardare i nuclei stabili, il neutrone che, come ricordate, ha la massa uguale a quella del protone, ma non ha carica elettrica. Per questa ragione, quando esso è diretto verso un nucleo, non è soggetto a nessuna forza elettrica che gli possa impedire di avvicinarsi al nucleo stesso.

Fermi e i suoi collaboratori scoprirono poco dopo che, se i neutroni si fanno muovere in un corpo ricco di idrogeno, come l'acqua o la paraffina, o comunque in un corpo leggero, si ottiene un rallentamento nel loro moto, cosicchè cresce enormemente la probabilità che un neutrone incontri un nucleo con cui possa reagire.

Le due scoperte hanno permesso di trasformare quasi tutti i corpi conosciuti in altri, che, per un tempo più o meno lungo, sono radioattivi e si disintegrano, erogando energie di origine nucleare assai maggiori di quelle spese per attivarli.

Le sorgenti di neutroni usate da Fermi erano preparate da me sotto forma di piccole ampolle piene di polvere di berillio, nelle quali si introduceva l'emanazione, estratta settimanalmente da una soluzione contenente un grammo di radio-elemento. Solo dopo la partenza di Fermi abbiamo potuto costruire un tubo a neutroni, alimentato con una tensione di oltre un milione di volt (fig. 7). Per dare un'idea di uno di questi impianti, ecco alcune fotografie di quello da noi costruito e che ha sede nell'Istituto Superiore di Sanità.

Qui potete vedere il salone che contiene il generatore che dà tensione al tubo acceleratore (fig. 8). Nella parte superiore di questo si trova la sorgente di ioni ottenuti mediante una corrente generata localmente e che passa attraverso a deuterio rarefatto. Accelerati dal campo elet-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

trico, i deutoni percorrono tutto il tubo, focalizzati da opportune lenti elettriche, in modo da arrivare in un sottile fascio al piano sottostante, dove, in una cabina di comando, si trova l'estremità inferiore del tubo (fig. 9). Qui è collocata la targhetta che riceve il bombardamento dei

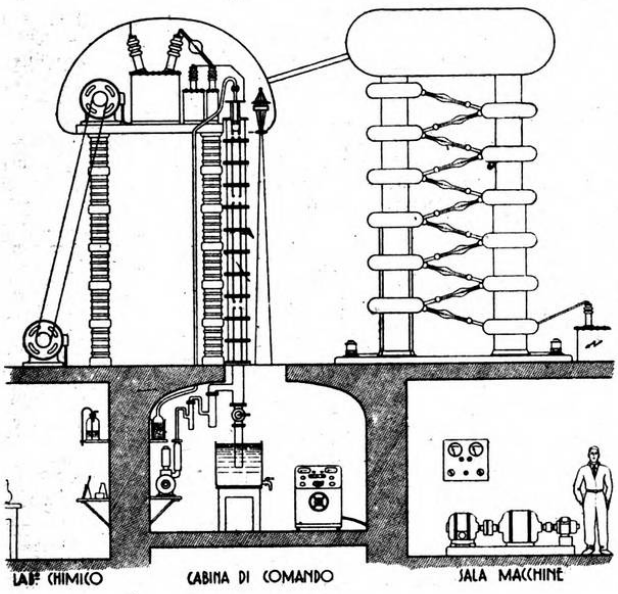


Fig. 7.

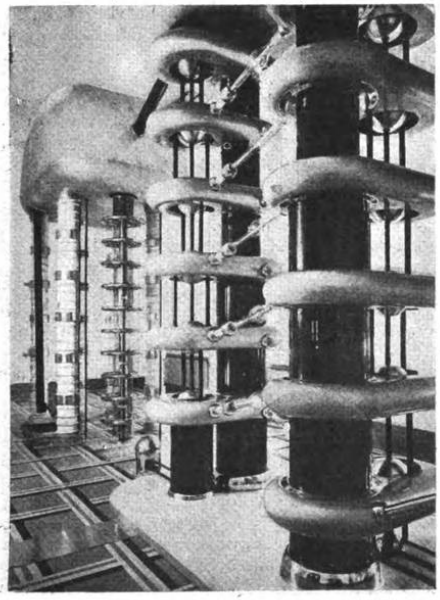


Fig. 8.

deutoni; la targhetta è di un elemento leggero; per es., litio o berillio. Dal bombardamento vengono strappati dai nuclei, dove sono annidati, dei neutroni, che vengono espulsi con energia spesso assai superiore a quelle possedute dai deutoni incidenti.

Ad es., bombardando il litio con deutoni di 1 milione di voltelettroni, si ottengono neutroni con energia fino a 15 milioni di voltelettroni.

Data la grande energia di questi neutroni ed il gran numero che se ne ottiene (nel nostro tubo se ne ottengono tanti quanti se ne avrebbero mescolando con berillio circa 1/4 di kg di radio elemento), si capisce che gli effetti ottenuti sono assai più cospicui di quelli che si ottenevano con le primitive sorgenti.

Purtroppo, però, se questi risultati permettevano di fare ricerche assai interessanti, ci lasciavano ancora nelle condizioni in cui eravamo quando Corbino, parlando ai Lincei nel 1934 della probabile utilizzazione dell'energia nucleare, diceva:

« I limiti in cui il fenomeno è circoscritto « sono troppo modesti perchè si possa ve- « dere prossimo il sorgere di ciò che poteva « ben qualificarsi come una nuova Era per « l'umanità.

« Ma forse non invano la Provvidenza ha « imposto tali limitazioni. L'uomo non ap- « pare ancora degno di avere in suo domi- « nio sorgenti così formidabili di potenza e « di distruzione: il progresso scientifico glie « ne ha fornito già troppe, forse al di là di « quanto era compatibile col progresso mo- « rale raggiunto. »

Fin d'allora, però, era maturo per essere scoperto quel fenomeno che ha condotto in questi tempi alla bomba nucleare.

Fermi aveva osservato nel 1934 che, bombardando con neutroni l'Uranio, si ottenevano, come prodotti della reazione, degli elementi dei quali gli riuscì allora assai difficile l'identificazione. Si credette però autorizzato ad asserire che tra essi si trovassero elementi transuranici, e precisamente il 93 ed il 94.

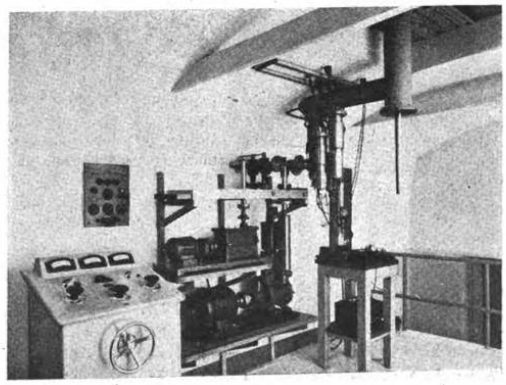


Fig. 9.

Otto Hahn e Lise Meitner, ricercatori di fama mondiale, si dedicarono con grande impegno allo studio di questi fenomeni e confermarono nel 1935 i risultati di Fermi, mettendo in evidenza la complessità delle trasmutazioni, che si ottengono bombardando con neutroni l'Uranio.

Nel 1939 Hahn e Strassman misero in chiaro che uno degli isotopi dell'Uranio (il 235) colpito da un neutrone lo assorbe, trasformandosi in un elemento instabile

Biblioteca nazionale centrale di Roma

(il 236), il quale si scinde in due frammenti all'incirca uguali, emettendo uno o due neutroni capaci di provocare alla loro volta la scissione di altri atomi.

Ognuno vede che si può determinare in tal modo un processo a catena, il quale non può arrestarsi altro che se i neutroni emessi dalla scissione di un atomo sono posti in condizione di non provocarne delle altre.

Nella scissione di un atomo di Uranio 235, si libera una energia di circa 200 milioni di voltelettroni e, se si fa il conto per la scissione di un grammo, si trova che la produzione di energia è di circa 20 000 kWh.

In tutto il mondo i competenti si sono subito resi conto che questo fenomeno, pur essendo della stessa natura degli altri fenomeni di radioattività artificiale, si differenziava da essi per il fatto che non appariva impossibile regolarlo entro certi limiti.

Al contrario degli altri fenomeni, nei quali lo sprigionarsi dell'energia nucleare avviene, per i nostri bisogni, con troppa lentezza e in proporzioni troppo piccole, in questo caso, se non usiamo speciali accorgimenti, ci troviamo sgomentati dalla tendenza alla troppo rapida e troppo grande produzione di energia.

Vediamo come si può pensare di regolare il fenomeno: se noi lo provochiamo in una quantità assai piccola di Uranio, esso si estingue dopo poche scissioni. Se aumentiamo la materia, sarà più vasto; se facciamo una massa di Uranio 235 così grossa che non vi sia probabilità che vadano dispersi troppi dei neutroni prodotti dalle scissioni, rapidamente gli atomi di tutta la massa si scinderanno, estrinsecando quantità enormi di energia.

Un kg di Uranio darà circa 20 milioni di kWh; se questa enorme quantità di energia si libera in pochi milionesimi di secondo, è facile calcolare la strabiliante potenza messa in gioco. Pare che i fisici americani abbiano ulteriormente chiarito il meccanismo del complesso fenomeno della scissione dell'Uranio, e che ne abbiano tratto immediato vantaggio per gli scopi che si prefiggevano.

Essi avrebbero accertato quanto era stato asserito fin dal 1940, e cioè che i neutroni originati dalla scissione del 235 possono trasformare una parte dell'Uranio 238 in un elemento assai instabile che disintegrandosi si trasforma nell'elemento 93, che hanno chiamato Nettunio; questo elemento ha breve vita e si disintegra a sua volta originando il 94 al quale è stato dato il nome di Plutonio.

Il Plutonio pare sia piuttosto stabile ed abbia la proprietà di scindersi come l'Uranio 235, quando è bombardato con neutroni, ma da quanto ho detto risulta che si tratta di un elemento chimicamente diverso dall'Uranio.

Vediamo come pare che abbiano fatto per prepararlo su larga scala.

Se si fa una catasta di conveniente forma e grandezza con blocchi di Uranio appena grossolanamente depurato, commisto ad una sostanza che rallenti i neutroni, per es., grafite, quando la catasta ha raggiunto sufficienti dimensioni, cominciano ad innescarsi nella massa processi a catena che interessano il 235 e trasformano in Plutonio parte del 238; poichè il 235 pare che si scinda con maggiore facilità del Plutonio, la massa va man mano arricchendosi di quest'ultimo.

La reazione deve essere accuratamente sorvegliata perchè non assuma troppa violenza; l'energia che se ne svolge è certo assai grande. Pare infatti che l'acqua del fiume Columbia, impiegata per raffreddare le cataste si riscaldi notevolmente durante l'operazione. Quando si vuole arrestare la reazione basta allontanare fra loro i blocchi di Uranio.

La massa, per quanto si è detto, conterrà una notevole quantità di Plutonio, il quale, essendo un elemento chimicamente diverso dall'Uranio e sufficientemente stabile per dare tempo di eseguire i necessari trattamenti, può essere isolato con mezzi chimici in modo assai più facile di quello che non sia la separazione di due isotopi.

Cerchiamo ora di renderci conto almeno approssimativamente del modo con cui può essere stata preparata la bomba. Ci sono naturalmente molte cose su questo argomento che sono tenute segrete e quindi è solo un'ipotesi quella che noi possiamo fare.

Per prima cosa devono essersi procurato l'Uranio. In natura se ne trova in molti paesi. In Italia c'è un giacimento di autumnite a Lurisia, presso Mondovì; ce n'è in Francia, in Portogallo, in Svezia, in Norvegia, nel Madagascar, nel Congo Belga, in Boemia, e soprattutto nell'America del Nord.

In generale si ricavano 15 grammi di Uranio da un kg di minerale puro di Uranio, ma di questi 15 grammi solo 100 milligrammi sono di Uranio 235.

A parte le difficoltà della preparazione, vi ho già detto che l'Uranio 235 ed il Plutonio sono equivalenti.

La separazione degli isotopi è un processo difficile, lento e costoso e quindi non deve essere stato agevole preparare per questa via ingenti quantità di Uranio 235. Per il Plutonio la preparazione pare, come vi ho già spiegato, più agevole, sebbene più pericolosa.

Pare che siano stati realizzati due tipi di bombe: nel primo vengono impiegati neutroni lenti che, agendo sull'Uranio 235 mescolato ad una sostanza che li rallenta, possono dar luogo all'esplosione solo di una limitata quantità di Uranio, mentre gran parte di esso viene disperso dall'inizio dell'esplosione prima che vi possa prendere parte; nel secondo tipo, l'Uranio 235 o il Plutonio sono innescati con neutroni veloci, i quali raggiungono tutta la massa in un tempo così breve che essa può esplodere quasi tutta.

La sicurezza che la bomba esploda solo quando occorre è forse ottenuta, nel primo caso, con l'interposizione di lastre di Cadmio fra strati di Uranio o di Plutonio coperti di paraffina, destinata a rallentare i neutroni. Quando il Cadmio che arresta i neutroni lenti viene allontanato, una sorgente di neutroni fatta con emanazione mista a polvere di berillio provocherà l'esplosione.

Nel caso di impiego di neutroni veloci, la massa di Uranio 235 o di Plutonio impiegato potrà essere assai maggiore, e la sicurezza si otterrà frazionando l'esplosivo in pezzi di grandezza conveniente che verranno riuniti solo al momento opportuno, esponendoli contemporaneamente all'azione della solita sorgente di neutroni.

È accertato che quantità di Uranio 235 o di Plutonio di peso inferiore a mezzo chilogrammo non possono esplodere se sono tenute anche a pochi centimetri di distanza fra loro; supponiamo allora che in dieci serbatoi separati, siano contenuti cinque chilogrammi di esplosivo in polvere. Se noi li facciamo cadere bruscamente in un recipiente che già contiene la sorgente di neutroni veloci, saranno immediatamente realizzate le condizioni necessarie perchè tutta la massa si disintegri in pochi microsecondi.

È facile immaginare un congegno meccanico (che potrebbe essere azionato, ad es., dalla pressione atmosferica), il quale, quando la bomba è arrivata ad una certa altezza dal suolo, compia l'operazione.

Ci tornano alla mente, le parole con cui Corbino concludeva il discorso di cui prima vi ho riportato un brano. Egli diceva, undici anni or sono, « ... chiunque abbia « senso di umanità non può pensare con indifferenza al « carattere che assumerà la guerra futura, se non si riu- « scirà ad evitare l'entrata in azione dei nuovi mezzi di « sterminio che l'ulteriore progresso della scienza met- « terà a disposizione dei contendenti. »

Viene ora spontanea una domanda: questa enorme quantità di energia, che per la prima volta è stata impie-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

gata in un'opera di distruzione, potrà essere disciplinata nella sua produzione, al punto da poter essere utilizzata per scopi civili?

La risposta è affermativa. Per ora non vediamo ancora chiaramente come ciò possa venir realizzato; ma non sembra impossibile che si possano preparare delle mescolanze di Uranio 235 o di Plutonio con grafite, che possano produrre, senza esplodere, delle enormi quantità di calore impiegabili per il funzionamento di gigantesche centrali elettriche, capaci di trasmettere, ove occorra, l'energia prodotta.

Si potrebbe anche pensare ad una caldaia contenente acqua mista ad una convenientemente grande quantità di Uranio 235 o di Plutonio, in modo che il calore sviluppato producesse enormi quantità di vapore.

Anche se fosse necessario usare per questo acqua pesante, sarebbe facile, recuperando il vapore, realizzare un funzionamento continuo, senza perdita del prezioso materiale.

Si incontreranno in un primo tempo delle difficoltà, e si avranno anche inevitabilmente degli infortuni, che però, come sempre accade, non arresteranno il corso del progresso. Non è d'altronde improbabile che gli studiosi di questi problemi, spronati dai recenti successi, scoprano altri fenomeni che permettano di utilizzare l'energia liberata in altri processi di disintegrazione nucleare. Per ora i fatti conosciuti non ci fanno prevedere nessuna possibilità su questa via, e gli unici fenomeni utilizzabili sono quelli a cui dà luogo l'Uranio.

La quantità di Uranio esistente nel mondo è assai grande, ma è assai diluita nella crosta terrestre; per cui vale la pena di raccoglierlo solo in quelle località privilegiate che prima vi ho enumerate; ciò può forse impedire per qualche tempo una larga diffusione dello sfruttamento della scoperta.

Noi che siamo nati negli ultimi trenta anni del secolo scorso abbiamo assistito alle più grandi scoperte scientifiche ed alle loro applicazioni pratiche:

L'utilizzazione dell'energia delle acque, le centrali elettriche, la trasmissione a distanza dell'energia prodotta, con il conseguente sviluppo dell'elettrotecnica, l'uso del gas di carbone, il telefono, il telegrafo, i raggi X, la radioattività, l'automobile, il cinematografo, la lampada termoionica, l'aeroplano, la riproduzione meccanica ed elettrica dei suoni, la radiotelegrafia, la radiotelefonia, l'ottica elettronica, la televisione. Tutte queste scoperte, anche quelle che hanno avuto nel perfezionamento delle loro applicazioni un notevole impulso dalle necessità imposte da una guerra, hanno finito per arrecare dei vantaggi all'umanità, e ad esse si deve il sorgere di fiorenti industrie, fonti di lavoro e di prosperità per i popoli.

Vogliamo augurarci che anche questa scoperta, che forse è la più grande di tutte quelle a cui abbiamo assistito, possa, in un non lontano avvenire, arrecare benessere e pace all'umanità.

L'interessamento dei Soci per l'A E I si dimostra colla puntualità nel pagamento della quota alle Sezioni; esso deve essere compiuto al più tardi entro il mese di marzo.

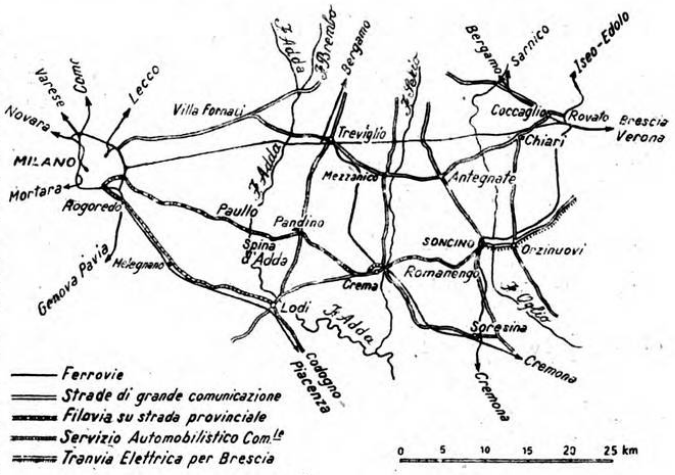
LETTERE ALLA REDAZIONE

Per un esperimento di "elettrificazione stradale" Milano-Paullo-Crema.

Milano, 11 ottobre 1945.

Ill.mo Sig. Direttore della Rivista « L'Elettrotecnica »

Nel giugno 1941, in un breve cenno, pubblicato sulla « Rivista Mensile dell'Azienda Tranviaria Municipale di Milano », lo scrivente descriveva l'impianto della lunga filovia di montagna (effettuato dalla C.G.E. per incarico della Azienda Elettrica Municipale di Milano) in esercizio nell'alta Valtellina, su di un percorso di oltre 50 km. Essa serve, in primo luogo, per il trasporto di materiali per la costruzione delle dighe di ritenuta di Cancano e di Fraele, e secondariamente per servizio pubblico passeggieri tra Tirano e Bormio.



Lo scrivente faceva rilevare, fin d'allora, la opportunità di un impianto di una lunga filovia, soprattutto per trasporto merci, su di un percorso in pianura, che però mettesse capo a Milano: proponeva pertanto l'« elettrificazione » *della strada provinciale* Milano-*Paullo*-Crema-*Romanengo*-Soncino (già *percorsa, in addietro, per il tronco Crema-Soncino, da una tranvia a vapore, che aveva già raggiunto un discreto traffico in merci e viaggiatori*).

Consenta, Egregio Direttore, che io — a distanza di anni — insista sulla opportunità di una tale iniziativa da parte di Enti pubblici (p. es. l'A.T.M. di Milano: magari in consorzio colle Amministrazioni Provinciali di Milano e di Cremona) o di Società private, per dar corso ad un così interessante esperimento di elettrificazione stradale.

Mettendo capo tale importante arteria stradale alla nostra laboriosa metropoli lombarda, non può sussistere alcun dubbio circa l'esito finanziario dell'iniziativa, che costituirà un vanto ed un primato per la nostra regione ed un sicuro beneficio per le laboriose ed equilibrate nostre genti della campagna e delle piccole e grandi città.

Scrivevo allora sulla « Rivista mensile dell'A.T.M. »:

« Le due provincie di Milano e Cremona (lungo le cui « strade si effettuerebbe l'elettrificazione), l'una prevalentemente industriale, l'altra agricola, sono appunto

Biblioteca nazionale centrale di Roma

« ad economia complementare: *ciò assicurerebbe, collo « scambio di manufatti e di prodotti agricoli, un note- « vole traffico sulla filovia progettata. Affinchè i filo- « carri per trasporto merci (che potranno essere, in parte, « di proprietà privata) siano in grado di raggiungere, « senza necessità di trasbordo del carico, i paesi ed i ca- « scinali, o stabilimenti, situati fuori della strada elettrifi- « cata — per caricare derrate o manufatti — una parte « dei filo-carri dovrebbero essere equipaggiati come vei- « coli* Diesel-elettrici, *cioè muniti anche di motori a nafta « od a metano, i quali — di norma — funzionerebbero « solamente per i pochi chilometri da percorrere fuori « della strada elettrificata.*

« È superfluo aggiungere che i veicoli privati, a doppio « sistema di trazione, ammessi a circolare — ritirando « energia dalla linea aerea di contatto — dovranno corri- « spondere all'azienda, che esercisce l'elettrificazione stra- « dale, un adeguato compenso per tonn/km trasportata, « che tenga conto anche degli oneri patrimoniali e di « esercizio della stessa ».

Auspicando che non abbia a tardare una tale simpatica iniziativa, da parte di Enti pubblici o di Società private, lo scrivente confida che cotesta benemerita Associazione Elettrotecnica Italiana vorrà dare il suo autorevole patrocinio alla odierna proposta.

Coi miei ringraziamenti per l'ospitalità concessa a questa mia, con osservanza.

Ing. Dr. ERNESTO SEASSÀRO

LA NOSTRA INDUSTRIA

In questa rubrica vengono pubblicate a titolo assolutamente gratuito ed a giudizio esclusivo della Redazione notizie riguardanti la produzione e lo sviluppo delle industrie nazionali.

Scatola morsettiera a "Bay pass,, per inserzione istrumenti di controllo su misuratori elettrici.

Brevetto Arcudi 325423

Il dispositivo risolve il problema di effettuare il collaudo degli apparecchi misuratori presso gli Utenti, da parte del personale incaricato dal Fornitore di energia elettrica o Consulenti privati e Tecnici della R. Finanza, evitando una prima interruzione della fornitura di energia per l'inserzione degli apparecchi di controllo, ed una seconda interruzione per togliere i suddetti a collaudo ultimato. Inoltre permette di sostituire l'apparecchio di misura (contatore-wattmetro registratore-fasometro) trovato guasto o poco esatto, senza interrompere la fornitura dell'energia elettrica.

Il dispositivo, costruito dalla Ditta Arcudi di Borgomanero, è destinato a venire fissato sul pannello dell'apparecchio o apparecchi che deve servire; esso comporta serie di morsetti connessi con la linea di alimentazione e con l'apparecchio misuratore e mezzi atti a stabilire le comunicazioni, previa l'inserzione di mezzi di raccordo con gli apparecchi di controllo.

La scatola comporta un corpo inferiore che viene fissato inamovibilmente in vicinanza dell'apparecchio ed un coperchio atto a ricoprire la morsettiera, inibendone l'abusiva utilizzazione per mezzo di viti di sigillo.

Il dispositivo è previsto per contatori monofasi, per contatori trifasi o complessi misuratori a tre fili nella solita inserzione Aron, per contatori o complessi misuratori a quattro fili, direttamente per tensioni di esercizio da 100÷1000 V, 5÷100 A e per contatori o complessi misuratori alimentati da riduttori di corrente e di tensione (gruppi di misura installati sull'A. T.). In quest'ultimo caso alla morsettiera vengono applicati i secondari dei riduttori di corrente e di tensione e quindi nella verifica non sono contemplati eventuali errori di rapporto e di fase dei riduttori che sono del resto di solito trascurabili e conosciuti.

Il circuito voltmetrico della morsettiera è munito di valvole di protezione tarate, che servono pure da separatori qualora fosse comodo non avere tensioni a monte del misuratore per eventuali scambi di fili e sostituzione del contatore.

L'inserzione degli apparecchi di controllo viene eseguita rapidamente mediante innesti a spina e all'apertura di un cavallotto, impiegando per la bisogna uno o due minuti primi.

Sul circuito di tensione, oltre ai colori convenzionali (rosso, bianco e verde), sono impresse le lettere R.S.T. indicanti la sequenza delle fasi; i circuiti di corrente portano le lettere L_1, L^1, L^2 ed è evidente l'inserzione tra L_1 L^1 del circuito amperometrico dell'istrumento di controllo; i colori e le lettere ben conosciute all'elettrotecnico pratico di misure elettriche, tengono il posto dello schema.

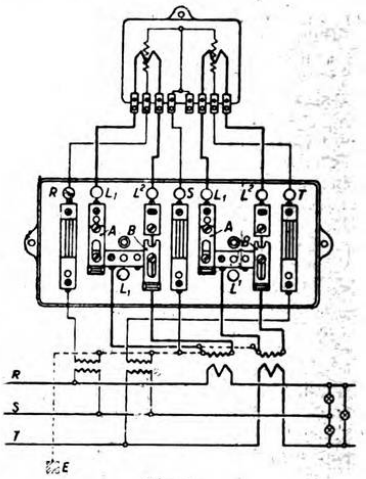


Fig. 1.

Le scatole morsettiere provviste di valvola di protezione, hanno il coperchio di cristallo per poter scorgere l'eventuale fusione delle valvole e stabilire il termine di correzione nella tariffiçazione a seconda che la valvola fusa fosse la R o la S o la T; a tal uopo è utile se non necessario, nell'installare il gruppo di misura munito di scatola morsettiera, stabilire la sequenza delle fasi coll'ausilio dell'apparecchio prova vettori.

La fig. 1 si riferisce all'applicazione del dispositivo in oggetto, ad un contatore 3 fase a 3 fili nella ben nota inserzione Aron, alimentato da riduttori di corrente e di tensione (gruppo installato sull'A. T.) e indica chiaramente come sono disposti i collegamenti in periodo normale.

Il cavallotto A) è chiuso, mentre quello B è aperto; con C) è indicato l'apparecchio misuratore o contatore dell'energia consumata dall'Utente.

Con il dispositivo in parola si ottengono i seguenti benefici:

comodità di poter effettuare rapide tarature sul posto in qualunque momento senza interrompere la erogazione di energia all'Utente per l'inserzione dei campioni;

rapida sostituzione del misuratore se trovato guasto nella taratura, senza interrompere l'erogazione dell'energia;

possibilità d'inserzione d'un ulteriore misuratore di controllo direttamente alla scatola morsettiera (fasometro, contatore di controllo, wattmetro, ecc.) per il tempo necessario a stabilire un confronto nella misurazione;

la deduzione del fattore di potenza istantaneo dal medesimo contatore 3 fase a tre fili installato presso l'Utente, mediante l'esclusione di un sistema propulsore prima, o del secondo sistema propulsore dopo, operazione rapida che viene effettuata mediante la chiusura dei due cavallotti « Bay Pass *A*) e *B*) »;

protezione dei riduttori di tensione e del gruppo misuratore, mediante l'impiego di valvole scrupolosamente tarate per la corrente di prestazione dei riduttori (corrente secondaria);

nitida visibilità e quindi sorveglianza dei fusibili di protezione contenute nella scatola munita di calotta in cristallo;

Biblioteca nazionale centrale di Roma

la comodità di poter scambiare qualunque filo di connessione ai misuratori per eventuali indagini o modifiche, senza avere tensione e corrente secondaria a monte del misuratore (chiusura totale dei cavallotti « Bay Pass » di corrente e disinnesto delle valvole separatrici di tensione).

In molte industrie ove interessa sapere il consumo d'energia elettrica nella lavorazione dei diversi manufatti, l'impiego della scatola morsettiera è assai utile e comodo. Basta installare sulle linee di alimentazione dei motori una scatola morsettiera, lasciando chiusi i cavallotti « Bay Pass » manovrandoli solo quando necessita dedurre la potenza istantanea necessaria alla lavorazione di un dato manufatto, mediante l'innesto di un misuratore wattometrico, che serve poi per tutte le misure nei diversi saloni o reparti.

LIBRI E PUBBLICAZIONI

C. PANSERI: *L'alluminio e le sue leghe* - Volume I, Tomo I: *Metallurgia e teoria delle leghe.* - (Milano, 1945 - Ed. Hoepli - Un volume di 17×24 cm, di 623 pagine, con 549 figure e 13 tavole - Prezzo L. 1000).

Con vivo piacere annunciamo l'apparire della II edizione di questo Trattato veramente classico che costituisce una notevole affermazione della tecnica italiana in campo internazionale. Non crediamo infatti che esista un'altra opera sull'argomento paragonabile a questa per ampiezza di trattazione, ricchezza di notizie, serietà di impostazione scientifica, abbondanza di documentazione sperimentale.

Queste doti già perspicue nella prima edizione, sono anche più notevoli nella attuale seconda edizione, completamente rifatta e aggiornata, tanto che si presenta di mole circa doppia della precedente.

L'Opera completa comprenderà due volumi. Il primo dedicato alla Metallurgia e Metallografia si presenta diviso in due tomi dei quali uno è quello che qui presentiamo, mentre l'altro, di prossima pubblicazione, riguarderà: Caratteristiche fisiche, meccaniche, chimiche - Corrosione - Pratica metallografica e röntgenografica.

L'attuale primo tomo comprende la materia che nella precedente edizione era contenuta in 388 pagine.

Se gli argomenti trattati sono rimasti sostanzialmente gli stessi, molto numerosi e importanti si presentano i rifacimenti, i ritocchi, le aggiunte. Quasi tutti i capitoli della parte metallurgica sono stati notevolmente ampliati; notiamo in particolare il largo sviluppo dato alla trattazione delle celle Söderberg largamente affermatisi nella tecnica italiana.

Assai arricchiti sono stati i dati statistici relativi all'industria dell'alluminio non soltanto per quanto riguarda il nostro Paese, ma tutto il mondo civile.

I tecnici rileveranno con piacere la larga esposizione della teoria delle leghe, che viene a riempire una vera lacuna nella letteratura tecnica italiana.

Nel complesso può dirsi che tutti gli argomenti connessi alla preparazione dell'alluminio e delle sue leghe, e ai suoi trattamenti termici trovano in questo volume una esauriente trattazione.

Veramente eccezionale è la ricchezza della documentazione sperimentale e micrografica per la quale l'A. ha potuto giovarsi dell'organizzazione dell'Istituto Sperimentale dei Metalli Leggeri di cui è direttore. Il lettore può così seguire de visu quanto viene esposto nel testo con una efficacia che nessuna descrizione può raggiungere; si può dire che non vi è affermazione nel testo la quale non sia accompagnata dalla sua documentazione fotografica o micrografica.

Altro grande pregio del libro è la ricchissima e, riteniamo, esauriente bibliografia che accompagna ciascun capitolo.

Un accurato indice analitico facilita opportunamente la consultazione del grosso volume.

Una lode speciale va rivolta all'Editore che, in tempi tanto difficili e in condizioni particolarmente dolorose, non ha esitato ad affrontare il compito di una simile pubblicazione ed ha saputo conferirle sotto ogni punto di vista una veste signorile in tutto degna dell'importanza dell'opera e che culmina nella perfezione delle tavole fuori testo, in particolar modo in quelle a colori di finissima esecuzione.

*

D. FAGGIANI: *Introduzione alla termodinamica tecnica.* (Milano, 1945 - Libreria Editrice Politecnica - Un volume di 17×24 cm, di 384 pagine, con 103 figure e 4 diagrammi fuori testo - Senza indicazione di prezzo).

Il volume corrisponde essenzialmente alle lezioni dall'A. impartite nel Politecnico di Milano ed ha perciò una impostazione prevalentemente didattica. Giudicato sotto questo aspetto il libro si presenta pregevole per la efficacia della esposizione, per il giusto equilibrio della materia, cosicchè esso riesce a dare realmente una buona preparazione generale all'allievo su tutte le questioni fondamentali della termodinamica in modo che possa poi, nei Corsi successivi prevalentemente tecnici, adeguatamente affrontare le più complesse trattazioni applicative.

Molto importanti agli effetti didattici sono gli abbondanti esercizi numerici svolti (70) che l'A. ha inserito nel libro; chi ha pratica di insegnamento sa quanto giovi alla chiarezza della apprensione e all'assimilazione efficace delle teorie, la loro applicazione a qualche caso particolare.

Riteniamo che il libro possa essere utile anche a qualche tecnico che voglia rinfrescare le sue cognizioni sui principî della termodinamica.

La materia è divisa in 7 Parti: Costituzione dei gas (gas perfetti, gas reali, vapori); Principio di equivalenze (equivalenza meccanica del calore, energia interna, trasformazioni); Principio di evoluzione (cicli, entropia, termodinamica generale); Cicli a combustione (cicli tecnici ideali, miscele gassose, combustione, cicli motori); Vapori (passaggi di stato, cicli con vapori, aria umida); Fenomeni con variazioni macroscopiche di energia (efflussi, moto dei fluidi comprimibili); Termodinamica dei gas reali.

Il volume è corredato da una raccolta di tabelle numeriche e da 3 diagrammi fuori testo: diagramma entropico dei gas biatomici e miscele tecniche, diagramma entropico del vapore d'acqua, diagramma di Mollier.

*

BONFIGLI — *Manuale logaritmico completo del tecnico ad uso del tecnico.* - Ed. Hoepli. Milano, 1945. Un volume di cm 13 × 20,5, pag. 374. Prezzo L. 160.

Il volume si presenta adattatissimo per gli usi tecnici correnti di ingegneri, architetti, geometri, periti, ecc. Fatto di tabelle, si presenta maneggevole e completo. Alle tavole dei logaritmi di Briggs a cinque decimali da 0 a 10 000 seguono le tavole dei logaritmi di Briggs delle funzioni trigonometriche. Qui l'A. in considerazione del notevole sviluppo preso dalle applicazioni della divisione centesimale del quadrante nella divisione degli angoli, senza raddoppiare la mole del testo, ha compilato la tabella per angoli sessagesimali di 1′ in 1′ ponendovi a fianco gli equivalenti angoli centesimali e sessadecimali. In calce a ciascuna pagina vengono date le tabelle per la interpolazione sessagesimale e centesimale.

Seguono tavole aritmetiche particolarmente ricche di dati; così ad es., quadrati, cubi, radici quadrate e cubiche, fattori primi, logaritmi naturali, mille volte il reciproco di ogni numero intero da 1 a 1000; la lunghezza della circonferenza e area dei cerchi, fattori primi dei numeri non divisibili per 2, 3, 5, 11 da 1000 a 9700; tavola dei numeri primi da 1 a 12 000.

Seguono le tavole di trasformazione tra i sistemi sessagesimali, tempo, centesimali, radiali, sessadecimale e millesimale; poi le tavole dei valori naturali delle funzioni trigonometriche.

Alle parti VI e VII vi sono le tavole finanziarie e attuariali. Ciò rappresenta un complemento assai utile e gradito poichè permette al tecnico di avere a disposizione in uno stesso volume anche le tabelle per i calcoli finanziari che nella tecnica pratica non si possono mai estraniare completamente dai calcoli teorici.

Segue un'ultima parte sul picchettamento di curve circolari ed alla fine una parte di spiegazioni note a chiarimento di tutte le tabelle raccolte nel volume.

È un volume utile a ogni tecnico.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

*

M. Rossi — *Stampaggio a freddo delle lamiere.* II edizione. (Milano, 1945 - U. Hoepli - Un volume di 17×25 cm, di 440 pagine, con 279 figure - Prezzo L. 190).

Lo stampaggio delle lamiere ha acquistato nella tecnica moderna una grande importanza, accresciuta anche dal diffondersi dell'impiego della saldatura nella costruzione di macchine. L'argomento interessa quindi tutti i tecnici d'officina e anche i costruttori elettromeccanici.

Il successo tecnico ed economico delle lavorazioni di stampaggio dipende in larga misura dalla costruzione e dall'impiego razionali degli stampi e a questo riguardo solo una lunga esperienza pratica può fornire i necessari elementi e suggerire, caso per caso, le direttive opportune.

Utile può quindi riuscire questo volume impostato appunto con criteri eminentemente pratici e applicativi, non disgiunti dai necessari fondamenti teorici.

La prima Parte del volume ha carattere generale e introduttivo e riguarda le varie operazioni di tranciatura, piegatura, imbutitura, ecc., con la descrizione dei procedimenti, il calcolo degli sforzi e delle sollecitazioni indotte nel materiale, ecc. Un ampio capitolo è dedicato alla scelta degli acciai e del loro trattamento.

La seconda Parte è costituita essenzialmente dalla illustrazione di un gran numero di stampi, dai tipi più semplici a quelli più complessi, multipli, combinati, ecc. Questa parte può costituire per il tecnico di officina una preziosa guida e una grande risorsa per risolvere gli innumerevoli casi particolari che si possono presentare nella tecnica professionale.

Il volume si chiude con una Appendice che contiene una raccolta di formule e di tabelle numeriche più frequentemente occorrenti, nonchè la riproduzione di alcune tabelle UNI.

Le molte, nitide ed accurate, figure costituiscono uno dei migliori pregi del libro.

*

O. Chisini: *Esercizi di geometria analitica e proiettiva.* (Milano, 1945 - Libreria Editrice Politecnica - Un volume di 355 pagine - Prezzo L. 200).

L'A. definisce il volume un « Corso di esercizi » non una raccolta, in quanto gli esercizi sono preparati e disposti con un ordine logico, con una razionale sequenza in modo che segnano nella graduazione degli argomenti e della difficoltà il progressivo perfezionarsi delle cognizioni e della preparazione di chi li affronta.

Nessun dubbio che in tal modo essi riescono molto efficaci e di grande valore didattico. L'A. ha volontariamente ridotto quasi a nulla le indicazioni di guida per la risoluzione dei problemi proposti ritenendo che ciò sia didatticamente più efficace; ci permettiamo di esporre qualche dubbio in proposito sembrando che qualche maggiore aiuto almeno iniziale possa essere giovevole ad orientare l'allievo e a rendergli meno arduo il compito e perciò ad invogliarlo ad affrontare il Corso.

Il volume è quindi quasi esclusivamente costituito dall'enunciato dei problemi la cui abbondanza è veramente eccezionale e raramente confrontabile in altre opere analoghe.

*

A. Danusso: *Scienza delle costruzioni.* (Milano, 1945 - Libreria Editrice Politecnica - Un volume di 17×25 cm, di 544 pagine, con 170 figure - Prezzo L. 400).

Questa nuova edizione del libro del prof. Danusso incontrerà certamente la stessa larga accoglienza delle precedenti edizioni. Le doti particolari di chiarezza, di metodo, di precisione che caratterizzano questo libro lo rendono particolarmente adatto per le Scuole di ingegneria ma anche per tutti quei tecnici che vogliano rinfrescarsi in qualche elemento fondamentale della scienza delle costruzioni o aggiornare le loro cognizioni in materia, che il tempo possa avere in parte fatte dileguare o offuscare.

L'esposizione è succinta, stringata, senza inutili lungaggini che, più che chiarire, spesso fanno smarrire il filo del ragionamento e la sequenza degli argomenti; pur tuttavia nulla manca per la corretta e chiara interpretazione del testo anche, e tanto più, se essa esige da parte del lettore una attenta ponderazione e una continuità di sforzo.

Molto opportunamente l'A. ha introdotto qua e là, dove maggiore era il bisogno, esempi numerici che chiariscono l'applicazione delle formule e delle teorie esposte.

Il volume si apre con una Parte I di premesse e concetti fondamentali nella quale più forse ancora che nelle susseguenti parti speciali traspare e rifulge la figura del Maestro che dallo studio della proprietà della materia assurge a più alta e profonda impostazione spirituale; e vorremmo a tutti e specialmente ai giovani delle nostre Scuole di ingegneria additare a meditazione le pagine veramente magistrali dei « Pensieri introduttivi ».

La seconda Parte è dedicata alla statica dei sistemi rigidi ed è seguita da un'Appendice sulla geometria delle masse. Segue, nella Parte III, la statica dei sistemi elastici che comprende, oltre alla considerazione delle sollecitazioni fondamentali, lo studio dei sistemi elastici col criterio energetico e col principio dei lavori virtuali e si chiude con un capitolo sulle coniche fondamentali dei sistemi elastici.

DALLE RIVISTE

R. Peter. — **Problemi di sviluppo e di convenienza degli impianti di pompe di calore.** (E. Verwertung, 1944. N. 7-9, pag. 117 a 128, con 15 fig.).

Molto vari sono i tipi di termopompe e i loro campi di impiego. Un campo speciale e molto diffuso è quello degli impianti frigoriferi.

Le pompe di calore applicate a scopi di riscaldamento possono classificarsi in 4 tipi principali.

Pompe di calore per impianti di evaporazione: esse utilizzano il calore di ricupero degli impianti di concentrazione di soluzioni per esercire tali impianti senza apporto esterno di calore; sono applicate specialmente in impianti a funzionamento continuo nelle industrie chimiche.

Pompe di calore per impianti di cottura: sono analoghe alle precedenti come funzionamento; sono applicate negli impianti intermittenti per la produzione di sostanze organiche e nelle industrie dell'alimentazione.

Pompe di calore per riscaldamento industriale: si basano principalmente su ricuperi di calore di impianti diversi o anche del calore ambiente e contemplano generalmente una forte elevazione di temperatura, con un elevato numero di ore di utilizzazione annue.

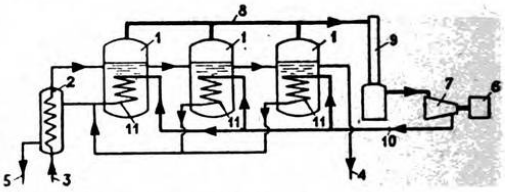


Fig. 1. — Schema di impianto di termopompe per evaporazione. 1) evaporatori; 2) preriscaldatore; 3) soluzione da concentrare; 4) soluzione concentrata; 5) acqua di condensazione dei vapori; 6) motori; 7) pompa di calore; 8) vapori; 9) colonna di lavaggio; 10) vapori compressi; 11) serpentini di riscaldamento.

Pompe di calore per riscaldamento domestico: utilizzano sopratutto il calore ambiente e sono utilizzate soltanto nel periodo invernale per il riscaldamento di locali o di interi edifici.

Sotto l'aspetto della convenienza economica si prestano sopratutto gli impianti della prima categoria che possono arrivare a 8600 ore annue di utilizzazione; per ogni kWh consumato si può calcolare di ottenere da 10 000

Biblioteca nazionale centrale di Roma

a 7 000 calorie corrispondenti a un risparmio di 1,5 a 1 kg di carbone.

Gli impianti della seconda e terza categoria possono avere in generale una utilizzazione da 3000 a 5000, rispettivamente 8000, ore annue, con una produzione di 3 500 a 7 000 calorie/kWh, cioè un risparmio di 0,5 a 1 kg di carbone per kWh.

Quelli della quarta categoria sono i meno convenienti, con una utilizzazione di 2 000 a 3 000 ore annue, e 1 800 a 5 000 calorie/kWh (0,25 a 0,7 kg/kWh).

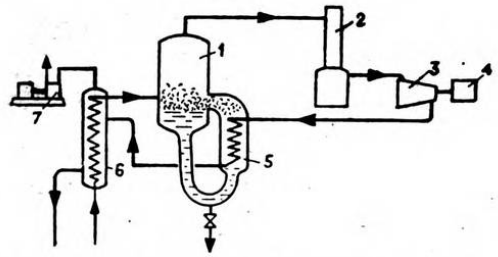


Fig. 2. — Schema di impianto di termopompe per apparecchi di cottura.
1) evaporatore; 2) colonna di cottura; 3) termopompa; 4) motore; 5) camera di riscaldamento; 6) preriscaldatore; 7) pompe ad aria a vuoto.

Nello studio degli impianti di termopompe vanno tenuti presenti i seguenti principi.

La soluzione va raggiunta colla più piccola elevazione di temperatura e quindi col minimo consumo di energia nella termopompa. Questo requisito può essere facilmente osservato negli impianti di evaporazione dove bastano differenze di 5 a 30 °C. Negli altri tipi di impianti si richiedono invece 30 a 60 °C ma non si deve superare tale valore; così negli impianti di riscaldamento domestico bisogna predisporre le cose in modo da poter superare le punte mediante riscaldamento a combustibile; procedere in modo diverso sarebbe erroneo.

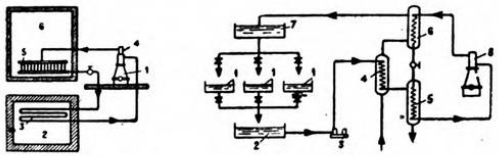


Fig. 3 *a*. — Schema di impianto di termopompe per riscaldamento di locali mediante il calore perduto da un impianto frigorifero. 1) compressore frigorifero; 2) camera frigorifera; 3) sistema refrigerante; 4) cilindro supplementare del compressore; 5) impianto di riscaldamento; 6) locale da riscaldare.

Fig. 3 *b*. — Schema di impianto di termopompa per produzione di acqua calda mediante acque residue.
1) bacini isolati; 2) bacino collettore; 3) pompa ad acqua; 4) scambiatore di calore; 5) evaporatore; 6) condensatore; 7) bacino collettore; 8) termopompa.

Sono specialmente convenienti impianti di grande potenza perchè il costo di installazione, riferito a 1000 calorie, diminuisce rapidamente col crescere della potenza. Anche riguardo al costo di impianto i più convenienti sono gli impianti di evaporazione; per quelli di riscaldamento domestico il costo specifico di impianto può essere da 2 a 5 volte quello di un impianto di evaporazione di pari potenza; tuttavia per impianti di grande potenza (gruppi di edifici) anche gli impianti di riscaldamento domestico possono riuscire assai convenienti.

Di grande importanza, per l'ammortamento, è il numero di ore di utilizzazione e sotto questo aspetto gli impianti industriali sono in condizioni molto migliori di quelli di riscaldamento domestico.

Naturalmente hanno poi importanza fondamentale i costi relativi del combustibile e dell'energia elettrica.

Gli impianti di termpompe, iniziatisi molto modestamente verso il 1917 sono andati rapidamente estendendosi, tanto da rappresentare, nell'anno 1943, una potenzialità di circa 480×10^6 cal/h. Nella sola Svizzera si contano 30 impianti che rappresentano una economia di oltre 40 000 tonnellate di carbone all'anno.

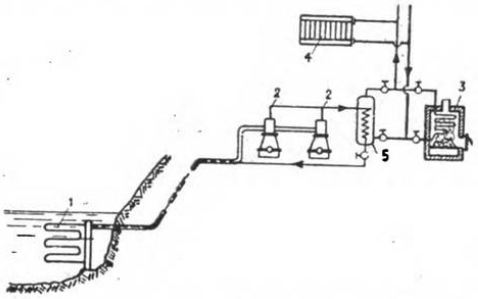


Fig. 4. — Schema di impianto di termopompe per riscaldamento di locali.
1) evaporatore; 2) termopompa; 3) caldaia a combustibile; 4) radiatore; 5) condensatore.

Fra i vari impianti di condensazione di soluzioni si può citarne una per 60 milioni di calorie/ora che consuma 40×10^6 kWh/anno, risparmiando 40×10^6 kg di carbone in confronto a un corrispondente impianto a effetti multipli.

Un impianto di evaporazione è rappresentato schematicamente in fig. 1, la cui didascalia è sufficientemente chiara. Importante assai per la protezione della termopompa è l'installazione della colonna di lavaggio dei vapori mediante getti di soluzione finemente suddivisi.

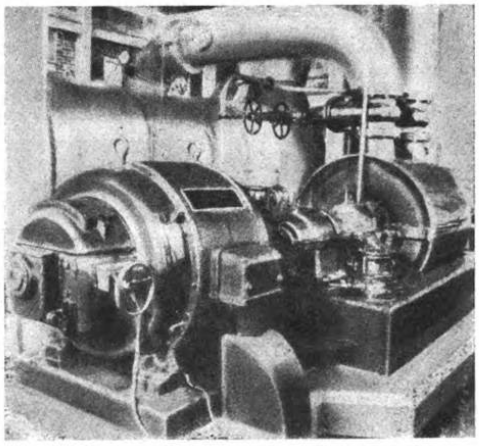


Fig. 5. — Impianto per distillazione di acqua, da 7500 litri/ora.

Nel caso degli impianti di cottura di sostanze organiche (concentrazione del latte, sciroppi di frutta, ecc.) lo schema di fig. 1 non si presta perchè, siccome è necessario

Biblioteca nazionale centrale di Roma

operare a temperatura assai bassa e quindi a bassa pressione, occorrerebbero compressori di grandi dimensioni, e superfici scaldanti molto estese. Si preferisce allora ricorrere a schemi del tipo di quelli di fig. 2.

La fig. 3 *a*) rappresenta lo schema di utilizzazione di un impianto frigorifero per riscaldamento di locali. Invece di lasciar andare perduto il calore che il fluido circolante dell'impianto frigorifero cede nel condensatore, i vapori del vettore di calore vengono compressi fino a raggiungere una temperatura sufficiente per venire usati nell'impianto di riscaldamento dove si condensano.

La fig. 3 *b*) rappresenta invece uno schema per utilizzazione di acque di scarico industriali per la produzione di acqua calda, in ciclo chiuso. L'acqua di scarico viene fatta circolare nello scambiatore 4 in cui preriscalda l'acqua nuova, poi nell'evaporatore 5 in cui si producono i vapori del fluido intermedio che, elevati di temperatura dalla pompa di calore 8, riscaldano l'acqua nuova nel condensatore 6.

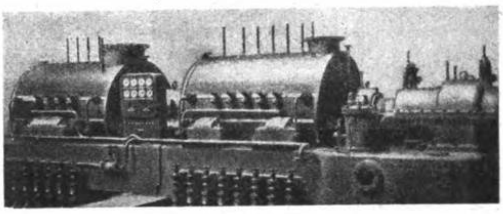


Fig. 6. — Termopompa per impianto di cottura a vuoto, con forte rapporto di compressione.

Gli impianti di riscaldamento di locali sono i meno convenienti, pure possono essere resi opportuni (risparmiando fino a 0,6 kg di carbone per kWh) quando ci si limiti a far sopportare ad essi il carico base, con piccole differenze di temperatura; il sistema di riscaldamento a pannelli radianti è particolarmente vantaggioso in tali casi. Bisogna studiare l'impianto in modo da ridurne il costo e rendere minime le perdite di calore. Tali impianti sono più convenienti nelle regioni temperate che in quelle nordiche perchè nelle prime si può funzionare con minori salti di temperatura.

La fig. 4 rappresenta uno schema di impianto che utilizza il calore dell'acqua di un fiume; è prevista la possibilità di ricorrere al riscaldamento a combustibile nei giorni più freddi e ciò permette di proporzionare in modo più piccolo la pompa e di tenere basso il salto di temperatura e quindi alto il rendimento. L'installazione di due o più unità permette di funzionare sempre in buone condizioni di carico e di rendimento.

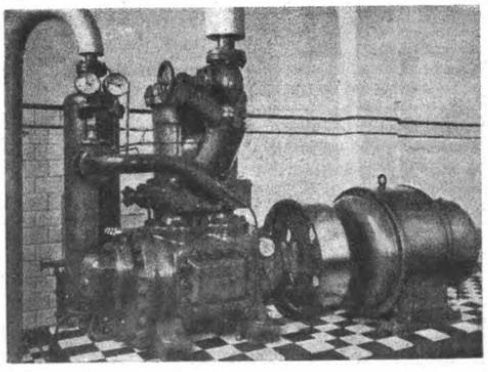


Fig. 7. — Termopompa per riscaldamento industriale, da 150 000 cal/ora.

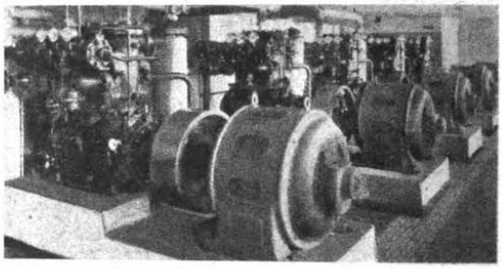


Fig. 8. — Termopompe della piscina di Zurigo, per 1.200.000 cal/ora.

Un'attenzione speciale meritano in questo campo gli impianti destinati ad effettuare il riscaldamento d'inverno e il raffreddamento degli ambienti d'estate. Un esempio è dato dall'impianto del Palazzo del Congresso a Zurigo proporzionato per una potenzialità di 50 000 cal/h nel caso di riscaldamento e di 27 000 cal/h nel caso di refrigerazione. Il passaggio dall'uno all'altro tipo di funzionamento avviene semplicemente con la manovra di poche valvole.

Le figure che riportiamo illustrano alcuni esempi tipici di impianti. La fig. 5 si riferisce a uno di due impianti

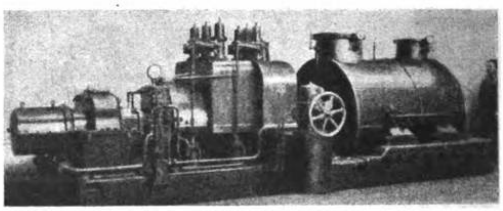


Fig. 9. — Termopompa azionata da una turbina a vapore a contropressione la quale aziona anche un alternatore da 3000 kW.

di distillazione d'acqua per 7500 litri/ora, funzionante esclusivamente con energia elettrica senza alcun apporto esterno di calore; si ottengono circa 25 kg di acqua distillata per ogni kWh consumato. I due impianti lavorano circa 8600 ore annue e fanno risparmiare circa 6000 tonnellate di carbone all'anno, con un consumo di $5{,}4 \times 10^6$ kWh.

Su « L'Elettrotecnica » è già stato illustrato l'impianto delle saline di Ryburg per la produzione di circa 40 000 tonnellate di sale all'anno, con una potenzialità complessiva di 9×10^6 cal/ora e un risparmio di circa 1,3 kg di carbone ogni kWh, rispetto al precedente impianto termico che non era però molto razionale (vedi *L'Elettrot.*, 1943, pag. 468).

La fig. 6 riguarda un impianto di cottura, sotto vuoto, con un salto di temperatura di 35 °C; si ha un risparmio di circa 0,8 kg di carbone per kWh.

La fig. 7 rappresenta un gruppo per riscaldamento industriale per 150 000 calorie/ora.

La fig. 8 si riferisce a un impianto per riscaldamento di locali con più unità per poter realizzare sempre buone condizioni di carico; l'impianto può produrre 1 200 000 calorie/ora con risparmio di circa 0,75 kg di carbone ogni kWh.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Gli impianti per evaporazione offrono spesso l'opportunità di utilizzare, per la termocompressione, l'energia generata in impianti a vapore a contropressione. Impianti di questo tipo possono prestarsi nella grande industria chimica. Un esempio è dato dalla fig. 9 che si riferisce appunto ad un impianto chimico: una turbina a contropressione aziona una termopompa e, contemporaneamente, anche un alternatore da 3000 kW; si realizza una economia di 10 000 tonnellate di carbone all'anno. Analogo è l'impianto di fig. 10 con turbine a contropressione che azionano termopompe per 15 000 000 calorie/ora; esso ha permesso di aumentare del 30 % la potenzialità dell'impianto di evaporazione dell'industria. *N.*

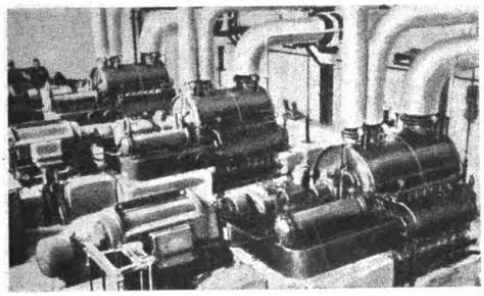


Fig. 10. — Impianto di termopompe per 15 000 000 cal/ora azionate da turbine a contropressione.

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche. - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI GENOVA

Il giorno 15 marzo 1945, alle ore 15, nella sede della Sezione, si è riunita l'Assemblea generale ordinaria dei soci della Sezione con il seguente:

ORDINE DEL GIORNO

1. - Relazione della Presidenza;
2. - Bilancio consuntivo 1944 e preventivo 1945;
3. - Invio della rivista dell'Associazione;
4. - Eventuali.

All'apertura il Presidente dott. ing. Leonello Bonaria ha commemorato i Soci scomparsi dopo l'ultima riunione: ing. Cristoforo Ginatta, ing. Giuseppe Ammirato, prof. Antonio Piccinini.

Ha poi esposto la seguente relazione:

« In questo doloroso periodo della vita della Nazione, abbiamo cercato di mantenere efficiente la compagine della Sezione affinchè questa possa riprendere, dopo la bufera, la sua attività scientifica.

Con la circolare di questa Presidenza inviata a tutti i Soci della Sezione il 30 dicembre u. s. abbiamo voluto specialmente mantenere vivi i rapporti con i Soci stessi.

Con questa circolare comunicavamo anche l'aumento delle quote d'associazione.

Quasi la metà dei Soci ha finora risposto all'appello ed ha versato la quota di quest'anno; rivolgiamo preghiera a tutti affinchè i versamenti siano completati entro il mese corrente, per non dovere radiare i Soci che risultassero morosi.

Ci stiamo interessando per far pervenire un certo numero di copie della rivista.

Ove si dovessero incontrare maggiori spese per il trasporto chiederemo ai singoli Soci se desiderano avere la rivista, pagando queste maggiori spese.

Come risulta anche dal Bilancio, i Soci amministrativamente in regola con i pagamenti dello scorso anno, erano al 31 dicembre 366.

Possiamo essere lieti di comunicare che questo numero corrisponde all'incirca a quello degli scorsi anni pur in questo periodo di dolorose dispersioni.

L'Ufficio Centrale ha chiesto il versamento di un contributo straordinario. Noi abbiamo fatto presente che il nostro bilancio non ci permette di fare dei versamenti straordinari, data anche l'incertezza del numero dei Soci che saranno quest'anno in regola con i versamenti, sia in conseguenza dell'aumento delle quote sociali, sia per la irreperibilità di vari Soci.

Dalla data dell'ultima Assemblea non ci è stato possibile far seguire altre conferenze a quella da me allora tenuta « Sugli automatismi ».

La conferenza che terrà oggi l'ing. Frediani « Sui gruppi turbo-generatori Ljungström » colmerà largamente questa deficienza della nostra attività culturale.

Abbiamo ancora acquistato per la Biblioteca quelle poche pubblicazioni tecniche uscite in quest'ultimo periodo; non ci è stato più possibile ricevere le riviste alle quali eravamo abbonati (« Energia Elettrica », Ferrovie Italiane », ecc.).

Il Consiglio nella riunione del 2 marzo c. a. ha, a norma dello statuto, confermato nella carica rispettivamente di Segretario e Cassiere: l'ing. T. Ortu Carboni ed il rag. Giuseppe Balbi. La Presidenza ha nominato provvisoriamente revisore dei conti l'ing. Giovanni Morassi, in sostituzione dell'ing. Genesio nominato lo scorso anno consigliere di sezione. Chiedo la ratifica dell'Assemblea per questa nomina ».

L'Assemblea approva all'unanimità.

« Sottopongo ora alla vostra approvazione il Bilancio consuntivo 1944 e preventivo 1945 ».

I bilanci vengono approvati all'unanimità.

Poichè nessuno chiede la parola il Presidente dichiara chiusa l'assemblea e dà la parola all'ing. Frediani per la sua conferenza.

*

Riassunto della Conferenza dell'ing. Ulisse Frediani sui « Gruppi turbo generatori Ljungström ».

L'oratore ha esordito col ricordare l'evoluzione, nel tempo e nei vari paesi, dei gruppi generatori con turbina a vapore Ljungström, rilevando il loro inaspettato sviluppo, raggiunto già all'inizio dell'attuale guerra, sia per il numero di macchine sia per la loro grandezza.

Ha poi accennato alle fondamentali caratteristiche costruttive e funzionali della turbina Ljungström.

Essa è costituita essenzialmente da una doppia serie di palette giranti, disposte assialmente e sfalsate fra loro (vedi disegno dimostrativo). Una serie è connessa ad un disco che ruota in un senso e l'altra è connessa ad un disco che ruota in senso inverso. La turbina, detta a controgiranti od a doppia rotazione, funziona a reazione. La velocità relativa delle due palettature è doppia della velocità di rotazione. Non c'è un distinto apparato distributore ed un apparato ricevitore poichè la palettatura ricevitrice di una girante è nello stesso tempo palettatura distributrice dell'altra girante. L'introduzione del vapore avviene in prossimità degli alberi della macchina. L'espansione del vapore avviene quindi in direzione radiale centrifuga.

Nelle turbine a condensazione ogni girante porta inoltre alla periferia esterna un gruppo di 2-3 corone di palette radiali precedute da un ugual numero di corone di palette distributrici fisse, solidali alla cassa esterna della turbina.

Il vapore uscente dall'ultima corona di palette del gruppo a doppia rotazione si divide in due parti espandendosi assialmente attraverso i due gruppi di corone di palette radiali a semplice rotazione.

Ogni girante è accoppiata ad un alternatore.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Dopo una breve esposizione delle peculiarità di altre turbine a flusso di vapore radiale ma a semplice rotazione, oggi di importanza pratica, come la turbina Siemens e la turbina Siemens Meininghaus, sviluppate diversi lustri dopo l'inizio delle costruzioni Ljungström, è stata mostrata un'ultima variante di turbina Ljungström che sembra essere derivata dal connubio di una turbina Ljungström ordinaria con una delle predette turbine radiali a semplice rotazione.

Un esame particolare della turbina Ljungström ha fatto essenzialmente rilevare che dalla perfetta disposizione concentrica e dalla libera dilatabilità di tutte le parti soggette ad alta temperatura ed alla forza centrifuga deriva l'uniformità dei giochi nella palettatura durante il funzionamento e quindi la possibilità di giochi minimi, indispensabili per il buon rendimento di una turbina a reazione. Questi giochi non sono tra paletta e paletta e fra gli anelli che le portano ma fra la superficie interna di ogni anello ed un sottile nastro di nichel calafato nella superficie esterna dell'anello adiacente. Un contatto accidentale non può creare che un leggero logoramento del nastro di nichel, senza portare deformazioni od altre conseguenze.

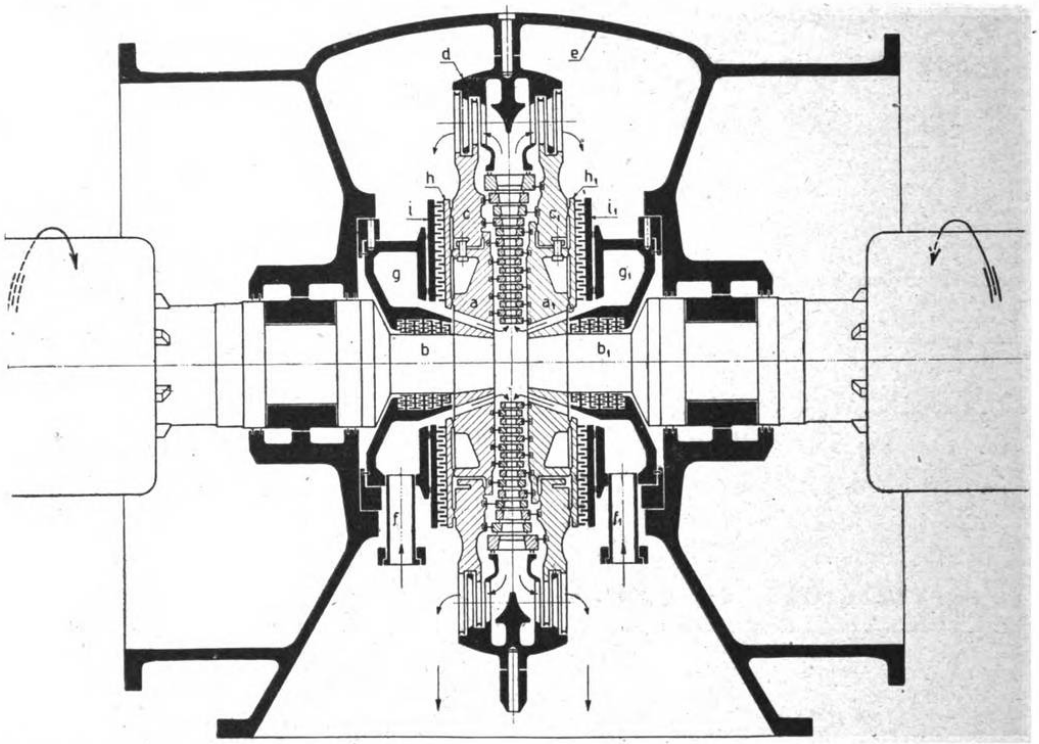
La considerazione della struttura degli speciali labirinti radiali, situati fra la cassa della turbina e le facce esterne delle due giranti ed aventi i giochi di tenuta disposti similmente a quelli della palettatura, ha mostrato la necessità, per far piccoli i giochi, di avere molto rigidi gli alberi delle giranti della turbina e quindi rigidi i rotori degli alternatori gemelli ai quali sono accoppiate di sbalzo le giranti stesse.

Questi labirinti hanno delle comunicazioni con la palettatura che permettono di utilizzare la maggior parte del vapore vivo che tende a sfuggire senza fare utile lavoro.

I dischi dei labirinti sono dimensionati in modo da poter quasi equilibrare la spinta assiale che il vapore esercita sulle facce interne delle giranti. Questa spinta viene quasi interamente scaricata direttamente nella cassa della turbina. La residua spinta viene sopportata per mezzo di apposito cuscinetto su ogni albero della turbina. I cuscinetti di spinta mantengono a posto le due giranti nel caso di brusche variazioni di carico.

Ad un accenno dell'alto fattore di qualità, determinante l'ottimo rendimento termico della turbina a controgiranti, è seguito il rilievo di alcuni vantaggi derivanti dall'ammissione del vapore al centro della turbina, fra cui le inapprezzabili perdite per irradiazione e quindi un insignificante aumento della temperatura in sala macchine.

La temperatura e la pressione del vapore, per l'espansione radiale di questo, vanno diminuendo dal centro alla periferia della turbina e sottopongono perciò il materiale degli anelli palettati a tensioni che decrescono con l'aumentare del raggio. Il contrario avviene per le tensioni dovute alla forza centrifuga. La somma degli effetti dovuti alle tensioni di origine termica ed a quelle di origine meccanica risulta perciò regolata da una legge di compensazione molto vantaggiosa per l'armonico dimensionamento degli anelli predetti.



Poichè nelle turbine a controgiranti, anche di grande potenza, tutti gli organi in moto hanno dimensioni e masse limitate, è possibile usare materiali aventi la massima omogeneità ed uniformità, con le più alte qualità meccaniche e termiche, senza eccedere nel costo della macchina.

Per le peculiarità dei giochi e le piccole masse degli organi esposti all'elevata temperatura del vapor vivo, la turbina Ljungström è insensibile alle brusche variazioni di temperatura del vapore ed alle variazioni di carico e sopporta i trascinamenti d'acqua senza vibrazioni apprezzabili.

I sovraccarichi vengono ottenuti con l'introduzione del vapore aggiuntivo in corone di palette intermedie.

La regolazione del vapore avviene per strozzamento.

Qualche volta, in turbine a contropressione, sono stati disposti i primi elementi con palettatura ad azione adatti per parzializzazioni, del resto poco efficaci.

L'esame di alcuni gruppi turbogeneratori Ljungström, sia con turbina a contropressione sia con turbina a condensazione, ha fatto rilevare principalmente le ridotte dimensioni d'ingombro dei gruppi con l'assenza di fondazioni

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ingombranti e costose, necessarie invece per gruppi turbogeneratori con turbina a flusso di vapore assiale.

Nei gruppi a condensazione, ad esempio, la cassa della turbina appoggia inferiormente sull'involucro del condensatore, mediante la flangia della bocca di scarico. Il condensatore appoggia su quattro piccoli pilastri in cemento. Lo statore di ognuno dei due alternatori, con la cuffia di estremità portante il cuscinetto esterno, è accoppiato assialmente a sbalzo con flangia circolare ad uno dei lati della cassa della turbina.

Una coppia di puntoni elastici agenti in prossimità del baricentro di ogni alternatore serve a scaricare la flangia di attacco dell'alternatore stesso alla turbina.

Le forze di corto circuito si manifestano come forze interne fra alternatori e cassa della turbina, nei predetti accoppiamenti a flangia.

Gli alternatori, i cui rotori girano in sensi inversi, sono elettricamente accoppiati, con gli avvolgimenti indotti (statori) in parallelo e gli avvolgimenti induttori in serie. Essi vengono perciò ugualmente eccitati. Per un determinato numero di giri, assai minore del normale, l'eccitazione, data dall'eccitatrice posta ad una estremità del gruppo, è sufficiente per far entrare facilmente al passo i due alternatori.

Questi funzionano perciò, sia meccanicamente sia elettricamente, come se fossero una sola macchina.

Un corto circuito ai morsetti di un alternatore corrisponde anche ad un corto circuito dell'altro alternatore.

Il gruppo turbogeneratore costituisce anche col condensatore un monoblocco tale da permettere una regolarità di marcia pur nel caso di qualche assestamento delle fondazioni.

Ai gruppi Ljungström è stata applicata la regolazione idrodinamica.

La messa in marcia e l'arresto del gruppo può essere eseguita agendo su di un semplice volantino dal piano di governo.

Pur avendo due alternatori, dato l'alto valore del rendimento della turbina, il gruppo turbogeneratore Ljungström raggiunge generalmente i massimi rendimenti.

Con riferimento alla necessità di avere alternatori con rotori rigidi è stato fatto notare che l'esperienza richiede il primo numero dei giri critici almeno del 30 % superiore a quello dei giri normali. Per un gruppo Ljungström con alternatori a due poli e funzionamento a 50 per/sec, cioè a 3000 giri/min, il primo numero di giri critici dev'essere quindi superiore a 3900 giri/min, cioè almeno del 5 % al disopra del numero dei giri prescritti dal C.E.I. per le prove di collaudo che nel caso suddetto è precisamente 3750 giri/min. Invece è ben noto che negli alternatori a due poli a 3000 giri/min, per accoppiamento a turbina a flusso di vapore assiale, generalmente viene calcolato il primo numero di giri critici di circa 2000÷2200 giri/min, cioè almeno del 30 % inferiore a quello dei giri normali e perciò questi alternatori, all'avviamento, devono passare attraverso alla prima velocità critica. La necessaria rigidità dei rotori per gruppo Ljungström costringe a mantenere il rapporto fra la lunghezza del corpo rotore ed il suo diametro entro limiti assai inferiori a quelli possibili per alternatori normali.

I primi alternatori a 2 poli per gruppi Ljungström furono costruiti sia con rotori a cave parallele sia con rotori a cave radiali. Sempre però fu disposta la ventilazione assiale (oggi, in generale, raramente in uso) ottenendo la minor lunghezza possibile del pacco magnetico dello statore e quindi del corpo rotore, favorevole per raggiungere il necessario elevato numero di giri critici.

Il rotore a cave parallele risultò adatto per raggiungere più facilmente che con rotore a cave radiali un più grande momento d'inerzia. Entro l'alternatore dal lato della cuffia esterna, fu possibile disporre un ventilatore, generalmente di tipo assiale.

Gli alternatori con rotori a cave radiali, da una certa potenza in su, furono invece ventilati dall'esterno con apposito gruppo motore-ventilatore.

Un esame dei due tipi di rotore ha rilevato i motivi principali per cui l'ordinario rotore massiccio a cave radiali ha trovato in seguito sempre più estesa applicazione.

Questo tipo di rotore può infatti avere la costruzione meno complessa, la lavorazione molto più facile e specialmente le sollecitazioni meccaniche più piccole, particolarmente per potenze elevate.

Agli alternatori con rotore a cave radiali e con circuito chiuso di ventilazione, fu applicato un ventilatore centrifugo, al di là del cuscinetto esterno, rendendo possibili l'introduzione dell'aria di ventilazione dalle due fronti o anche di dietro al pacco magnetico di statore e la disposizione di ventilazione radiale o mista (cioè assiale e radiale).

Per i progressi raggiunti nei ventilatori assiali, disposti in alternatori ordinari, si è infine pervenuti anche ad alternatori per gruppo Ljungström con due ventilatori interni assiali, avvolgimenti indotti a doppio strato, a passo raccorciato e testate ad imbuto, con ventilazione bilaterale od a tre vie, conseguendo riduzioni dell'ingombro assiale del gruppo.

Dopo le costruzioni di gruppi a 3000 giri/min - 50 per/sec da 43 000 kVA con turbina da 40 000/30 000 kW, già eseguite prima dell'inizio della guerra, fu rilevata la possibilità di estendere a 70 000 kVA la potenza di un gruppo Ljungström a tale velocità.

Con un gruppo a 1500 giri/min - 50 per/sec, installato a Goldemberg (Colonia) nel 1936, fu raggiunta la potenza di 75 000 kVA con turbina di 50 000 kW.

Gli alternatori a 4 poli con rotore cilindrico per funzionamento a 1500 giri/min hanno generalmente il primo numero di giri critici assai superiore al numero dei giri normali. Perciò la questione della rigidità degli alberi non porta più apprezzabili oneri.

È da ricordare che al 1938 risale il progetto di una turbina da 70 000 kW e che allora gli studi avevano portato alla possibilità di costruire turbine da 100 000 kW.

Come ordine di grandezza dei valori più alti delle caratteristiche del vapore possono essere considerati: 480 °C per la temperatura, 100 at e 60 at per la pressione rispettivamente in turbine a contropressione ed a condensazione.

Negli impianti industriali occorre, in moltissimi casi, installare dei gruppi turbogeneratori, le cui turbine, oltre a far produrre energia elettrica possono essere adatte a fornire contemporaneamente, a determinate pressioni, quantità di vapore, pur regolabili, necessarie per le fabbricazioni dell'impianto stesso.

Le esigenze delle regolazioni risultano naturalmente determinanti per la selezione dei più adatti tipi di turbina.

Una rapida considerazione delle più comuni fra tali esigenze ha fatto rilevare i casi più semplici nei quali la turbina Ljungström può trovare conveniente applicazione.

Con lo sviluppo degli impianti con vapore ad alta pressione ha trovato sempre più favore l'applicazione delle altre turbine a flusso di vapore radiale, che soddisfano in ottimo grado alle condizioni necessarie per conseguire alta economia specialmente nel caso di piccole quantità di vapore.

Nelle centrali vengono installati i gruppi turbogeneratori con turbina a condensazione. Da questa possono essere fatti dei prelevamenti di vapore, destinato a preriscaldare l'acqua di alimentazione delle caldaie.

Nella turbina Ljungström questi prelevamenti possono pure essere disposti convenientemente.

È da notare soltanto che, per un buon rendimento, la pressione di ammissione del vapore in una turbina Ljungström dev'essere scelta relativamente modesta quando si hanno gruppi turbogeneratori di piccola potenza.

Tutti i diversi tipi di turbine eseguiti dai buoni costruttori raggiungono un alto grado di sicurezza di funzionamento ed ugualmente si può dire per gli alternatori.

Fra le fondamentali caratteristiche discriminanti i vari tipi di gruppi turbogeneratori rimangono perciò da rilevare essenzialmente il rendimento ed il prezzo del gruppo e dei fabbricati.

L'esame delle peculiarità dei gruppi Ljungström porta quindi a concludere che questi gruppi hanno ottimi requisiti per soddisfare alla più economica produzione dell'energia elettrica.

La conferenza è stata illustrata da numerose proiezioni di fotografie e disegni fra i quali alcuni particolarmente interessanti di gruppi Ljungström costruiti in Italia dall'Ansaldo.

Il numeroso pubblico di soci e di tecnici intervenuti alla riunione si è congratulato con l'ing. Frediani per l'interessante esposizione ed in particolare modo per il contributo notevole dato da questo nostro eminente tecnico per lo sviluppo in Italia degli alternatori accoppiati alle turbine Ljungström.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

NECROLOGIO

Il 12 luglio 1945 è scomparso il

Gr. Uff. Dr. Ing. MICHELE AUTERI

Socio dell'A.E.I. dal 1931, da 38 anni tecnico eminente della telefonia presso la Siemens, nella quale aveva percorso tutta la sua carriera.

Era nato sessantun anni fa a Londra, figlio del compositore siciliano Salvatore Auteri Manzocchi, acclamato autore di opere liriche. Laureatosi nel 1906 al Politecnico di Milano entrò nel 1907 nella Siemens & Halske A. G. di Vienna, poi di Berlino dove si occupò subito di impianti di segnalazione e telecomunicazioni. Questa importantissima branca della elettrotecnica Egli coltivò poi fino alla morte, dedicandosi interamente allo sviluppo della telefonia in Italia per conto della Siemens, che ne apprezzò fin dall'inizio il vivo ingegno e la tenace volontà promovendolo rapidamente ingegnere capo, poi direttore.

Buono, colto e gioviale era amato e stimato da quanti ebbero la fortuna di collaborare con Lui; aveva amici ovunque tra le più alte personalità della scienza e della tecnica, sia in Italia che all'estero, tra i cultori della musica e delle arti, tra gli umili che ne apprezzavano la signorile generosità.

Egli è stato fra i pionieri della telefonia automatica in Italia il più tenace ed il più fortunato, perchè ha visto coronati da successo i suoi sforzi che ebbero inizio nel 1910, con l'attiva propaganda per l'automatizzazione dei servizi telefonici urbani.

Approvato dalla Camera il progetto del Ministro Calissano si iniziarono i lavori d'impianto dei tre commutatori di Genova e dei due di Roma. Nel 1914, allo scoppio della guerra europea, i lavori non erano ancora compiuti. L'Ing. Auteri che li dirigeva, fu privato quasi improvvisamente degli specialisti stranieri.

Pur essendo a perfetta conoscenza della gravità del compito che si assumeva, il non ancora trentenne ingegnere accettò l'incarico affidatogli dal Ministero delle Poste, trovò il finanziamento necessario, istruì il personale tecnico italiano e riuscì a condurre a termine i lavori, ivi comprese le delicate operazioni di regolazione, controllo e collaudo.

Nel maggio 1917 le cinque centrali di Genova e Roma, in perfetta efficienza, vennero prese in consegna dall'Amministrazione.

Un mese dopo, a Sua domanda, Egli è in zona di operazioni quale ufficiale del Genio; la Sua perizia nel campo telefonico gli suggerisce utili innovazioni, che vengono rapidamente adottate da tutte le Grandi Unità. È incaricato di svolgere corsi di istruzione per ufficiali di collegamento ed è nominato vice-ispettore telegrafico. Dopo l'armistizio il Comando Supremo gli affida la direzione tecnica dell'impianto telefonico di Trieste.

Nell'aprile 1919, in segno di riconoscimento dei servizi prestati in guerra, gli fu conferita la croce di cavaliere.

Appena ritornato alla vita civile, conclude nell'ottobre 1919 un accordo di collaborazione tra la Siemens e una ditta milanese, iniziando così la realizzazione più importante che a Lui è dovuta: la fabbricazione degli apparecchi e degli autocommutatori telefonici in Italia, con nostre maestranze. Si trattava allora di una fabbricazione parziale; otto anni dopo ecco sorgere la OLAP (Officine Lombarde Apparecchi di Precisione) della quale Egli fu Amministratore Delegato.

Dal 1928 la fabbricazione degli apparecchi telefonici e più tardi dei commutatori automatici presso la OLAP, si sviluppò incessantemente riducendo a mano a mano l'importazione delle parti, anche le più delicate e richiedenti costose attrezzature. Da più di un decennio si può affermare che l'Ing. Auteri poteva considerare con soddisfazione il completo successo della sua iniziativa, frutto di una costanza e di una tenacia veramente ammirevoli. Nè Egli limitò la Sua attività a questo campo della elettrotecnica. A Lui si deve la fabbricazione in Italia di importanti dispositivi elettroacustici, delle girobussole e di altri apparecchi elettromeccanici di precisione per uso navale.

Fu Consigliere d'Amministrazione delle Società Telefoniche Concessionarie «STIPEL» e «TIMO»; la FITAOI (Forniture Impianti telegrafonici in A.O.I. ed Albania Società Anonima) lo ebbe fin dalla fondazione Vice-Presidente.

Alle doti di eminente tecnico, univa quella di una sensibilità e cultura musicale non comuni. Negli ultimi anni curò l'esecuzione postuma di un'opera del Padre, occupandosi con infinito amore di tutti i particolari e specialmente della traduzione del libretto, avvantaggiato in ciò dalla Sua profonda conoscenza delle principali lingue estere.

Raccolse e pubblicò gli appunti lasciati dal Padre per il corso di lezioni «sulla essenza artistica e scientifica del canto» che questi aveva svolto al Conservatorio di Parma, con una cura che dimostra quanto grande fosse l'amore per il genitore, la Sua passione per l'arte lirica, il Suo interesse per lo studio della fisiologia della voce.

Di Lui si può ben dire che la Sua vita fu tutta di lavoro, compiuto sorridendo, come sorridendo combattè e vinse le Sue buone battaglie.

Morì improvvisamente durante una visita alla Intendenza di Finanza di Milano, che egli compiva nella Sua qualità di Sequestratario della Siemens S.p.Az., Milano, e relativi stabilimenti OLAP, OCE, ISARIA.

Alla vedova, che gli fu compagna preziosa e intelligente e divideva con l'Estinto la grande passione per la musica, ed alla Siemens-OLAP che ha perduto la guida sicura del Suo Capo e fondatore, vadano le nostre più sentite condoglianze.

ATTIVITÀ DELLE SEZIONI

SEZIONE ADRIATICA (Via Conte di Ruvo, 106 - Pescara).

17 dicembre. — Assemblea Generale Ordinaria dei Soci alle ore 11 in prima convocazione ed alle ore 12 precise in seconda convocazione.

SEZIONE DI GENOVA (Piazza Fontane Marose, 6 - Palazzo Spinola).

12 novembre - ore 18. — L'Ing. Michele ARDUINO della Società Marconi tiene una conferenza su «Tecnologie ed applicazioni delle valvole termoioniche».

16 novembre - ore 18. — L'Ing. Camillo MANZITTI tiene una conferenza su «Soluzione tecnica di un problema telefonico di attualità».

SEZIONE DI MILANO (Via S. Paolo, 10).

26 novembre - ore 20,30. — L'Ing. Giovanni DI VITO della Società Marelli tiene una conferenza su «L'unificazione della frequenza nella rete italiana».

3 dicembre - ore 20,30. — L'Ing. Aldo GIACOMONI del Tecnomasio Italiano Brown Boveri tiene una conferenza su «Considerazioni sull'unificazione delle tensioni in Italia».

6 dicembre - ore 20,30. — l'Ing. Eugenio GNESUTTA tiene una conferenza su «I radiolocalizzatori».

13 dicembre - ore 20,30. — Il Dott. Prof. Giovanni POLVANI — Ordinario di Fisica Sperimentale nella Università di Milano — tiene la «Commemorazione di Alessandro Volta» in occasione del bicentenario della nascita.

SEZIONE DI TORINO (Piazzetta Mad. degli Angeli, 2).

27 novembre - ore 17,30. — È convocato il Consiglio della Sezione.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945.

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 69 D
Applicazioni agricole – Applicazioni termiche – Applicazioni varie – Condutture – Convertitori, raddrizzatori, ecc. – Generatori e motori sincroni – Illuminazione e fotometria – Impianti – Misure – Motori primi – Radiotecnica – Statistica – Trazione e propulsione.
Cronaca Tecnica . . . . . Pag. 76 D
Essiccatore universale per foraggi.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPLICAZIONI AGRICOLE.

F. Ringwald — **Una ricerca sulla illuminazione dei pollai.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 4, pag. 79 a 83, con 4 fig.). 4

L'A. riferisce circa esperienze compiute per riconoscere l'effetto della illuminazione artificiale prolungata dei pollai sul numero di uova deposte dalle galline durante un certo periodo. Le esperienze furono eseguite su un gruppo di 50 galline giovani prese dallo stesso allevamento in condizioni eguali; esse furono divise in due gruppi di 25 ciascuno, uno dei quali venne sottoposto all'illuminazione prolungata artificiale e l'altro lasciato in condizioni naturali per servire di confronto. L'illuminazione prolungata fu applicata dalla metà del mese di settembre in poi. Oltre al numero delle uova veniva controllato anche il peso di esse. Si adottò il sistema dell'illuminazione anticipata mattutina, allungando gradatamente il periodo giornaliero di applicazione onde provocare l'adattamento dell'organismo; nel pieno inverno la durata totale del giorno « attivo » fu portata a un po' più di 12 ore. Nel primo mese, quello di ottobre, susseguente all'inizio della prova, si è verificato un aumento del 36 % nel numero delle uova deposte dal gruppo sottoposto all'illuminazione prolungata in confronto al gruppo campione. Nei mesi più freddi dell'inverno entrambi i gruppi diminuirono la loro produzione ma in misura maggiore il gruppo non soggetto alla prova. Per i 6 mesi invernali la media dell'aumento di produzione ottenuto è stata di oltre il 25 %. Durante l'estate invece il gruppo campione ha avuto una produzione leggermente superiore (3,75 %) a quello del gruppo soggetto a illuminazione prolungata. Durante tutto l'anno, fuorchè nel mese di aprile, le uova deposte dalle galline soggette a illuminazione prolungata pesarono sempre un po' più di quelle del gruppo campione. Sembra inoltre che l'illuminazione prolungata sia giovevole alla salute degli animali; infatti durante l'anno di prova il gruppo soggetto a tale trattamento perdette per malattia un solo individuo mentre il gruppo campione perdette 4 individui per leucosi. Gli individui soggetti all'illuminazione prolungata presentarono anche un maggior aumento di peso del corpo. Col trattamento di illuminazione le galline consumano maggior quantità di cibo ma il consumo riferito a 1 kg di uova prodotte riesce tuttavia minore; infatti si ebbe in media un consumo di 5,4 kg di cibo per 7 kg di uova, nel gruppo soggetto a prova, contro 6,7 kg nel gruppo campione. L'A. riporta in tabelle e grafici i dati ricavati dalle esperienze e svolge anche un calcolo di convenienza economica del trattamento in questione, tenendo conto di tutte le voci di spesa, mettendo in evidenza, in base ai prezzi locali, come il trattamento di illuminazione prolungata porti veramente un utile finanziario.
N.

APPLICAZIONI TERMICHE.

H. Widmer — **Convenienza della pompa di calore come integrazione degli impianti frigoriferi industriali.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 6-7, pag. 129 a 136, con 7 fig.). 5 f

Ogni impianto frigorifero funziona sullo stesso principio della pompa di calore: da un serbatoio di calore (locale da refrigerare) viene sottratto calore a bassa temperatura mediante evaporazione di un mezzo frigorifero; i vapori vengono innalzati di temperatura mediante compressione e riversati in un altro serbatoio dopo condensazione in un condensatore ad acqua. Si tratta ora di elevare ulteriormente mediante termocompressione la temperatura dei vapori e quindi quella dell'acqua di circolazione del condensatore in modo che questa diventi utilizzabile nella industria cedendo il suo calore. Un ordinario impianto frigorifero può facilmente venire modificato in tal senso mediante l'installazione di uno stadio suppletorio di compressione. L'A. illustra qualche caso concreto. Nel 1942 nella fabbrica della Viscosa Suisse S. A. a Widnau è stato modificato l'esistente impianto frigorifero da 335 000 cal/h a —10 °C in modo da produrre acqua calda a 60 °C con un carico massimo di 475 000 cal/h; l'impianto comprendeva 3 compressori a stantuffo per 95 kW e venne installato un quarto compressore di eguale potenza; in tal modo mediante una potenza di 95 kW si è reso utilizzabile un flusso di calore di 475 000 calorie/h, con una cifra di merito di 5,41 e un corrispondente importante risparmio di carbone. La grande fabbrica per lavorazioni della carne Bell A. G. a Basilea ha realizzato un impianto analogo portando 60 000 litri giorno di acqua da +10 °C a 70 °C producendo circa 3,5 milioni di calorie al giorno; i compressori dell'impianto frigorifero portano i vapori di ammoniaca a 8,2 atmosfere e 70 °C; essi vengono raffreddati fino alla saturazione (18 °C) cedendo calore all'acqua di circolazione che arriva a 10 °C; passano poi in un compressore di nuova installazione a 2 stadi; nel primo di essi vengono portati a 19 atmosfere e cedono poi il calore di surriscaldamento all'acqua proveniente dal precedente raffreddatore di gas; nel secondo stadio vengono portati a 35 atmosfere e passati poi al condensatore da cui l'acqua di circolazione esce a 70 °C; si raggiunge una cifra di merito di 4,55. Considerazioni di carattere economico dimostrano che tali impianti, decisi sotto l'assillo della scarsità di combustibile durante la guerra, si presentano convenienti anche in tempo di pace quando diminuirà il prezzo dei combustibili.
N.

APPLICAZIONI VARIE.

A. Soulier — **I rivelatori di incendio.** (Rev. Gen. Elec., settembre 1943, pag. 263 a 268, con 8 fig.). 6 c

L'A. rileva anzitutto come a torto si attribuisca assai facilmente la causa di incendi a corto circuiti elettrici, mettendo in evidenza con semplici considerazioni come si tratti di una eventualità alquanto difficile a verificarsi negli impianti interni. Un rivelatore di incendio deve essere sensibile al verificarsi di una temperatura che sia più elevata della più alta temperatura ambiente che può verificarsi durante l'anno per cause naturali o volute (riscaldamento, ecc.). Tuttavia nella maggior parte dei casi di inizio di incendi si ha interesse ad essere avvertiti quando la temperatura prende ad aumentare con rapidità, qualunque sia in quel momento la temperatura ambiente iniziale. Si è quindi portati ad adottare oltre a rivelatori termostatici, anche rivelatori termovelocimetrici. La maggior parte di tali rivelatori sono basati sul fatto che l'aria racchiusa in un recipiente si dilata rapidamente per l'aumento di temperatura, agendo così su un organo deformabile che chiude o apre un contatto; il recipiente è munito di un foro piccolissimo cosicchè se l'aumento di temperatura è lento l'aria effluisce senza produrre deformazioni, mentre se l'aumento di temperatura è brusco l'aria non ha tempo di effluire e produce la voluta deformazione. In particolare viene descritto il rivelatore « Monito »; esso si compone

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1 D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

di un globo emisferico in rame avvitato su un zoccolo isolante; un lungo tubo di rame, sottile, comunica con una estremità con tale globo entro il quale si trovano due camere contenenti aria, senza comunicazione con l'esterno e separate da un diaframma in cui è praticato un piccolo foro; solo una delle due camere comunica col tubetto; in caso di aumento brusco di temperatura l'aria dilatandosi sposta il diaframma e interrompe un circuito elettrico, con che si produce l'entrata in azione dei mezzi di segnalazione; l'apparecchio è provvisto di dispositivi per le necessarie verifiche in posto e per la messa a punto. Il lungo tubo di rame serve ad aumentare la superficie sensibile alla temperatura. Un altro apparecchio detto « Termosonus » utilizza una camera piezometrica analoga a quella di un barometro aneroide; il meccanismo invece di provocare lo spostamento dell'indice, interrompe un contatto; anche qui vi è il dispositivo a foro capillare per la uscita lenta dell'aria in caso di variazioni lente di temperatura. Invece dell'aria si sono anche usati liquidi volatili; ad esempio, un tipo comprende un tubo ad U con le pareti delle due branche di spessore diverso, parzialmente pieno di mercurio sopra al quale stanno alcune gocce di liquido volatile; ad una variazione brusca di temperatura la branca a parete sottile si scalda prima, il liquido evapora e provoca lo spostamento del mercurio che così viene a chiudere un circuito elettrico mediante un filo di platino passante attraverso la parete del tubo. Un altro genere di apparecchi impiega coppie termoelettriche; il rivelatore Égal è formato da un disco isolante che porta 400 coppie ferro-costantana montate in due serie di 200 disposte in opposizione; l'apparecchio dà la segnalazione entro mezzo minuto quando la temperatura si innalza di qualche grado per minuto. Altri apparecchi si basano sulla rivelazione del fumo mediante cellule fotoelettriche illuminate permanentemente da una sorgente luminosa che attraversa il locale; sono usati efficacemente nelle stive di piroscafi. Apparecchi rivelatori-estintori si basano sull'impiego di leghe fusibili o simili che liberano getti di acqua o di anidride carbonica. Per maggior sicurezza il funzionamento degli apparecchi si basa in generale sulla interruzione della corrente di pile o di accumulatori o anche di correnti alternative. L'A. fornisce notizie sugli accorgimenti usati per la sorveglianza e la garanzia di funzionamento degli apparecchi.

Ri

M. Lavet — **Gli orologi di commutazione.** (Rev. Gen. Elec., ottobre 1943, pag. 291 a 304, con 17 fig.). **6 c**

Gli orologi di commutazione, che permettono di manovrare certi interruttori ad ore determinate, presentano interesse per varie applicazioni: tariffiazione multipla dell'energia per favorire le applicazioni elettrodomestiche nelle ore di basso carico; automaticità degli impianti di riscaldamento, di pompe, ecc.; comando sincrono a distanza di registratori diversi; accensione e spegnimento dell'illuminazione pubblica, ecc.; comandi di organi le cui operazioni devono succedersi secondo un ordine dato, ecc. La maggior parte degli attuali orologi di commutazione hanno gli stessi dispositivi di misura del tempo come gli orologi ordinari; il loro funzionamento è basato sulla proprietà dei regolatori di velocità a bilancere e degli scappamenti. Il bilancere si comporta come un oscillatore meccanico; si utilizzano due tipi principali di oscillatore: sistema a bilancere circolare-spirale per il quale il periodo è dato da $T = 2\pi\sqrt{K/C}$ essendo C il coefficiente della molla spirale; sistema a pendolo. L'A. esamina dettagliatamente il funzionamento degli orologi dipendenti da simili meccanismi, analizzando le diverse influenze che possono perturbarne la marcia regolare. In particolare sono esaminate le seguenti cause di errore: influenza delle modificazioni di ampiezza del bilancere (provenienti da modificazioni della coppia motrice, o da forze passive derivanti dal funzionamento intermittente degli organi di sganciamento, o da imperfezione degli organi di trasmissione o a variazioni di attrito); influenza delle variazioni di temperatura e dei campi magnetici. In generale, come conclusione della analisi condotta, l'A. afferma che gli orologi a pendolo sono meno esposti alle variazioni che quelli con sistemi ad elasticità; questi tuttavia si impongono in molti casi, per esempio per apparecchi che devono funzionare in qualunque posizione. Una analisi dettagliata viene pure effettuata intorno agli organi di sganciamento e di commutazione usati negli orologi di commutazione; gli interruttori possono essere comandati da un asse ruotante con l'ausilio di dispositivi selettori o di altri contatti in serie azionati da altri assi. Per alcune applicazioni si impiegano orologi di commutazione a ricarica automatica, generalmente a mezzo di dispositivi elettrici; l'A. ne descrive alcuni; queste applicazioni portano però sempre a costruzioni complicate. La regolazione delle frequenze, adottata su molte reti, ha reso possibile di semplificare il problema degli orologi di commutazione sostituendo i complessi meccanismi con un semplice ruotismo contatore comandato da un motorino sincrono; alcuni tipi vengono descritti. L'A. descrive poi un nuovo orologio da commutazione a pendolo motore a oscillazioni mantenute per mezzo di magneti permanenti. Il bilancere è provvisto di un piccolo magnete trasversale ad arco di circolo le cui estremità durante le oscillazioni penetrano rispettivamente in una bobina cava di forte resistenza elettrica e in un anello di alluminio formante smorzatore delle correnti di Foucault; la bobina è alimentata da una pila o da un raddrizzatore a secco; ad ogni oscillazione il pendolo chiude un contatto a cui corrisponde un impulso di corrente nella bobina e il bilancere riceve un impulso motore che compensa le perdite e garantisce la continuità delle oscillazioni. Il consumo annuo di energia è inferiore a 0,5 Wh. L'A. svolge uno studio teorico particolareggiato del funzionamento di questo orologio, provvisto di parecchi dispositivi di regolazione e compensazione mettendone in evidenza i pregi. Tale orologio può essere facilmente sincronizzato, mediante una impulsione periodica, con la cadenza ideale che si vuol imprimere al bilancere. Si può così far funzionare in perfetto sincronismo più orologi con un orologio centrale. L'orologio descritto è stato realizzato in modello industriale.

Ri.

CONDUTTURE.

H. Carpentier — **Le fondazioni superficiali dei pali delle linee aeree di trasmissione di energia elettrica.** (Rev. Gen. Elec., settembre 1943, pag. 277 a 284, con 12 fig.). **9 b**

L'A. richiama le tre leggi fondamentali della meccanica del suolo. La legge di Coulomb stabilisce la relazione fra la resistenza e taglio di un massiccio coerente e il carico applicato. La legge delle deformazioni plastiche permette di determinare le pressioni provocate in un terreno compressibile, nel campo elastico, da un carico applicato in superficie e utilizzando per l'integrazione i potenziali logaritmici. La legge di Darcy esprime la relazione fra la velocità della corrente d'acqua che si stabilisce fra due punti, la permeabilità del terreno e il gradiente idraulico. Le fondazioni dei pali sono di solito di due tipi: fondazione massiccia comprendente i 4 piedi del palo; fondazione frazionata, con un blocco ogni piede o per ogni due piedi. Il modo di lavorare di queste fondazioni è diverso. La fondazione massiccia è sollecitata al rovesciamento; se il momento dei carichi verticali equilibra quello di rovesciamento, basta impedire che il blocco scivoli sulla sua faccia inferiore. In caso contrario il blocco si comporta diversamente al rovesciamento secondo la importanza che si attribuisce all'attrito sulla faccia inferiore; in causa di questo apprezzamento, costruttori diversi arriveranno a soluzioni diverse per il progetto del blocco di fondazione. L'A. scrive la espressione del coefficiente di stabilità di un palo e espone qualche considerazione sui valori da assumere. Ricorda poi i principali metodi di calcolo usati in Europa; ad eccezione del metodo francese che si basa sulla conoscenza puramente teorica dell'equilibrio di una massa di terra pulverulenta, gli altri metodi si basano su esperienze. L'A. illustra in modo particolare il nuovo metodo di Froelich e il metodo di Buerklin. Il primo si basa sull'assunto che per ottenere una fondazione con piccolo spostamento sotto i carichi, bisogna che la pressione sul terreno sia inferiore a quella massima ammissibile per quel terreno e, d'altra parte, che la pressione sulle pareti laterali sia inferiore alla spinta passiva, perchè è impossibile tenere conto della deformazione del terreno; inoltre trascura l'attrito sulle pareti verticali e la adesione della terra sul fondo del masso e l'effetto di coesione del terreno. Il metodo di Buerklin si riporta a quello di Kleinlogel con le seguenti

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ipotesi: variazioni della pressione orizzontale rappresentate dalla parabola di Mohr; le pressioni orizzontali stanno fra loro come le distanza dei loro punti di applicazione dal centro di rotazione; la pressione orizzontale deve essere soltanto una frazione della resistenza del terreno; i carichi verticali comprendono i pesi della terra interessata; le dimensioni del masso devono essere determinate tenendo conto di uno sforzo superiore a quello reale; all'atto del rovesciamento del massо la pressione orizzontale è eguale alla resistenza del terreno e la pressione sul fondo dello scavo è eguale al doppio della pressione ammissibile. L'A. espone alcune considerazioni critiche e conclude esponendo il parere che il metodo di Froelich sia quello che meglio soddisfa il punto di vista matematico. Per le fondazioni frazionate l'A. considera soltanto il caso di 4 blocchi distinti, richiamando i risultati sperimentali finora ottenuti in varie serie di ricerche in Europa e in America; tali risultati vengono messi a confronto con le osservazioni fatte a proposito delle fondazioni profonde con palificazioni. In conclusione crede di poter affermare che il metodo classico consistente nell'equilibrare lo sforzo di strappamento, da un lato per mezzo del peso del palo in opera, e d'altra parte per mezzo del peso della terra compresa in un tronco di cono avente per base da un lato la superficie inferiore del blocco e dall'altro la superficie ottenuta tenendo conto dell'angolo di 30°, adottando un coefficiente di sicurezza eguale a 1,5, è un metodo semplice che conduce a risultati praticamente soddisfacenti. *Ri.*

A. Kind — **La produzione di acidi da parte dei funghi e la sua influenza sul legno impregnato con solfato di rame.** (A.S.E. Bull., 5 aprile 1944, pag. 174 a 176, con 3 fig.). **9 b**

Numerose ricerche hanno messo in evidenza che anche i funghi dannosi, a somiglianza di tutti gli altri, crescono di preferenza in un mezzo acido. In tali ricerche è stato pure messo in evidenza che i funghi stessi durante il loro accrescimento producono sostanze acide. Questo fatto ha grande importanza per la conservazione dei pali in legno impregnato. L'A. ricorda che nella chimica si misura il grado di acidità mediante la concentrazione degli ioni di idrogeno: quanto maggiore è il numero di ioni idrogeni liberi in un mezzo, tanto maggiore è la sua acidità; come è noto si usa come indice il così detto pH che rappresenta il logaritmo della concentrazione degli ioni idrogeno (col segno cambiato). Le soluzioni acide hanno un pH fra zero e 7; oltre tale valore del pH si passa alle soluzioni alcaline. Alcune curve sperimentalmente rilevate durante la crescenza dei funghi mettono in evidenza come vi sia per ciascuno di essi un certo campo di valori del pH entro il quale l'accrescimento del fungo si manifesta più energico. Le ricerche hanno poi dimostrato che i funghi sono in grado di produrre essi stessi le condizioni di acidità optimum di cui abbisognano; gli acidi prodotti sono vari e differiscono da fungo a fungo. Nella Svizzera si usa spesso il solfato di rame per la impregnazione dei pali in legno; tale sostanza presenta una grande affinità con la fibra del legno; una soluzione di 5,5 kg di solfato di rame in un m^3 forma con i costituenti del legno composti insolubili. I risultati ottenuti con tale sistema di protezione dei pali sono molto vari: ad ottimi successi in certi posti si oppongono netti insuccessi in altri. La cosa può dipendere dalla natura del sottosuolo; in terreni ammoniacali (scoli di letamai, ecc.) le acque del sottosuolo formano col solfato di rame composti ramoso-ammoniacali facilmente solubili e perciò l'efficacia dell'impregnazione va declinando. Anche terreni calcarei possono, secondo alcuni, ridurre la durata della impregnazione; tale semplice opinione sostenuta da certi tecnici non è approvata dall'A. che si riferisce a risultati di esercizio in terreni di tale natura. La cosa è più complicata: le acque ricche di bicarbonato di calcio danno luogo a formazione, nel palo impregnato, di carbonato di rame, il quale è insolubile; ma se vi sono dei funghi che producono quantità sensibili di acidi, essi, se giungono a introdursi nel palo, possono dar luogo a reazioni che rendono solubile il sale di rame; questi sali solubili di rame impediscono la ulteriore crescita di certe specie di funghi contro i quali quindi il palo rimane protetto; ma vi sono certe specie di funghi i quali, dopo avere prodotto la soluzione del sale di rame e la sua uscita dal palo, emettono acido ossalico il quale dà luogo alla formazione di un ossalato di rame insolubile e così il fungo si protegge contro l'azione della soluzione di rame e può continuare a prosperare finchè tutto il sale di rame è scolato, sotto forma solubile, dal palo; da questo momento in avanti il palo ha perduto la sua protezione contro l'attacco diretto del fungo. Ne segue che la impregnazione con solfato di rame non è efficace contro tutte le specie di funghi; si spiegano così i diversi risultati ottenuti in diverse regioni, in dipendenza della flora micetica presente. Anche un palo nuovo che venga piantato al posto di uno vecchio attaccato dai funghi ha generalmente una durata minore di quella del palo precedente. *Ri.*

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

C. Costadoni — **Caratteristiche costruttive e possibilità di impiego del raddrizzatore RVS 601/6.** (C.G.E., dicembre 1944, pag. 11 a 15, con 7 fig.). **10 c**

Il raddrizzatore di cui l'A. si occupa conta una esperienza di esercizio di ormai oltre 6 anni. Esso appartiene al tipo a vapore di mercurio, in cassa metallica ad aria soffiata e senza pompe; è capace di fornire, con trasformatore a tripla stella, un carico continuativo di 500 A a 600 V, e, col trasformatore a doppia stella con bobina di assorbimento, 600 A a 600 V. L'unità è notevole per il piccolo ingombro (diametro 850 mm, altezza 1700 mm compreso il motoventilatore) e per il piccolo peso (280 kg). Può essere anche munita di griglie di comando conservando le stesse prestazioni alla piena tensione. La cassa ha forma lenticolare con duomo di condensazione e bracci anodici sporgenti superiormente dal corpo lenticolare; all'interno le strutture anodiche non risultano in diretta comunicazione con la zona catodica, per l'interposizione del corpo lenticolare la cui superficie inferiore, direttamente affacciata alle imboccature dei bracci anodici e raffreddata, provvede a mantenere la pressione del vapore di mercurio entro limiti opportuni. Il fondo e il duomo sono provvisti di alette di raffreddamento. I passanti sono costituiti da isolatori di steatite saldati ai relativi manicotti di ferro con saldatura forte ad argento eseguita nel vuoto. Questo tipo di passante viene impiegato per gli anodi principali, le griglie, gli anodi di eccitazione, l'anodo di accensione; per poterlo adoperare anche per la presa catodica, questa viene introdotta dall'alto e va a pescare nel pozzetto di mercurio il quale viene isolato dal cassone per mezzo di una bacinella di porcellana. L'anodo di accensione è del tipo a immersione; l'asta formata da un leggero tubo di acciaio, viene tenuta sollevata durante il funzionamento normale, dalla corrente di accensione e di eccitazione che attraversa il solenoide posto intorno al passante di accensione. I circuiti di accensione e di eccitazione derivano da quelli impiegati sui grossi raddrizzatori. Invece per la regolazione e la sorveglianza della temperatura si dovette sviluppare un sistema diverso, comandando la ventilazione del raddrizzatore direttamente in funzione della temperatura del fondo. Allo scopo è prevista sul fondo del raddrizzatore una tasca di rame, saldata a forte contro la cassa, nella quale viene posto un elemento sensibile alla temperatura con un contatto tarato con precisione; quando la temperatura del fondo raggiunge circa 50 °C il contatto si chiude eccitando un relè che a sua volta inserisce il motoventilatore e disinserisce i riscaldatori anodici. Questi si impiegano quando il carico è molto variabile, come in trazione e hanno il compito di impedire che il vapore di mercurio possa, ai bassi carichi, condensarsi sulle teste e sulle aste anodiche; tali riscaldatori sono piccoli resistori tipo Calrod. Il raddrizzatore forma una unità compatta col motoventilatore e le sue possibilità di installazione sono vastissime; tuttavia la soluzione più vantaggiosa, specialmente per singole unità, consiste nel racchiuderlo in una incastellatura analoga a quelle impiegate per le ampolle di vetro, dando luogo a un pannello avente le dimensioni dei quadri normali. L'A. rileva la importanza di una buona regolazione della temperatura del fondo per il regolare funzionamento del raddrizzatore e rileva come non debba mai essere raggiunta una temperatura di 60 °C per la quale, nell'impiego delle griglie, il « tempo di liberazione » delle stesse diventa intollerabilmente grande. Per permettere al raddrizzatore di poter prendere carico immediatamente a freddo senza il pericolo

Biblioteca nazionale centrale di Roma

di andare incontro a strappamenti d'archi per insufficiente densità di vapore e di ioni, si è aggiunta una certa quantità di gas raro. Il raddrizzatore descritto si presta specialmente per impianti fissi ma può anche essere usato per sottostazioni ambulanti. *Ri.*

GENERATORI E MOTORI SINCRONI.

A. Wagner — **Recenti costruzioni di alternatori verticali.** (C.G.E., dicembre 1944, pag. 1 a 7, con 9 fig.). **17 a**

La diffusione degli impianti idroelettrici a bassa caduta, con turbine tipo Francis o Kaplan ad asse verticale, ha indotto le Case costruttrici a rivolgere particolare attenzione alla costruzione di alternatori per la installazione in tali condizioni. Dette turbine hanno una velocità di fuga molto alta, che per le Kaplan arriva anche al doppio della velocità normale. Inoltre il momento giratorio dell'alternatore deve essere spesso cospicuo; l'albero risulta grosso perchè deve essere forato per il passaggio degli organi di comando delle pale della ruota Kaplan e ciò porta complicazioni per le eccitatrici e per l'adduzione dei cavi agli anelli di eccitazione. Spesso si rende indispensabile la aggiunta di un volano, che rende laborioso e costoso il montaggio della macchina. Per meglio resistere alle velocità di fuga si costruisce il rotore in segmenti di lamiera di alcuni mm di spessore che vengono impaccati per costituire la corona, con bulloni di fissaggio; la corona viene montata su una raggera in lamiera saldata, fissata a un mozzo di acciaio fuso; con tale costruzione è perfettamente possibile prevedere col calcolo le sollecitazioni massime ed evitare la prova alla velocità di fuga. La costruzione in lamiere tranciate è anche indispensabile quando le dimensioni del rotore sorpassino quelle della sagoma ferroviaria; il rotore si spedisce con la corona non impaccata e il montaggio si fa in centrale. L'A. descrive due tipi di alternatori recentemente costruiti per due impianti italiani. Il primo, per la Società Idroelettrica Alto Adige, risponde alle seguenti caratteristiche: salto 25,5 m; portata 48 m³/sec; 167/140 giri/min; 50/42 p/s; velocità di fuga 350 giri/min; potenza 10 500 kW a cos $\varphi = 0{,}7$; tensione regolabile fra 9 e 11 kV alle due frequenze; il momento giratorio richiesto per la regolazione era di 1 350 000 kg m². Costruzione con cave di statore aperte, avvolgimento a doppio strato con passo raccorciato, bobine compoundate, isolamento in nastro di mica, isolamento di spira rinforzato. È stato pure fornito un dispositivo di frenatura composto di 4 freni doppi e necessari accessori; i freni sono costituiti da cilindri verticali entro i quali si muove un pistone solidale con i pattini che agiscono su una superficie tornita del rotore; i pattini, costruiti con impasto di fili di rame e amianto, possono sopportare temperature di 300 °C; il pistone è provvisto di guarnizione di cuoio. Di solito questi freni funzionano con pressioni di 7 a 9 kg/cm², ma quando vengono usati per lo smontaggio della turbina vengono azionati ad olio a 90 kg/cm². Il corpo del rotore dell'alternatore è in acciaio fuso e pesa 52 tonnellate; i poli sono collegati al rotore con bulloni. La ventilazione avviene con presa e scarico dall'ambiente. La seconda macchina descritta è stata fornita per i seguenti dati: salto 7,40 m; portata 135 m³/sec; velocità 93,75/78,75 giri/min; frequenza 50/42 p/s; velocità di fuga 220 giri/min; poli 64; tensione regolabile fra 11 e 12,5 kV; potenza 8000 kW a cos $\varphi = 0{,}8$. Il momento giratorio richiesto era di 3 500 000 kg m² e si rese necessario un volano; questo e la ruota dell'induttore sono in acciaio fuso; entrambi sono divisi in due parti diametralmente. La macchina è chiusa, ventilata in circuito chiuso con inseriti due refrigeranti. La carcassa è in lamiera, come anche la crocera superiore. Entrambe le macchine descritte hanno una protezione contro l'effetto corona e le conseguenze della produzione di ozono; la protezione, oltre ad eliminare l'effetto dannoso degli inevitabili piccolissimi spazi d'aria che si hanno entro le cave, crea all'uscita delle bobine dalle cave un campo elettrostatico gradualmente decrescente, eliminando così le concentrazioni delle linee del campo elettrostatico che causano la luminiscenza; ciò è ottenuto nastrando le uscite delle bobine dalle cave con nastri di amianto imbevuti in soluzione di grafite colloidale di decrescente concentrazione. *Ri.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

Il problema delle lampade ad incandescenza quale si presenta attualmente. (E. Verwertung, 1944-45, N. 8, pag. 156 a 160, con 1 fig.). **19 d**

Durante la guerra si presentò in Germania la necessità di riprendere in considerazione la questione della durata media di vita delle lampade a incandescenza per aumentarlo oltre il valore usuale di 1000 ore. Il consumo annuo di lampade in Germania è di circa 120 milioni di pezzi; portando la vita da 1000 a 1500 ore se ne ricupererebbero quindi la terza parte ma a costo di un aumento del consumo di energia. Stimando a 6 miliardi di kWh il consumo annuo totale di tali lampade per una durata di 1000 ore, si può ritenere che il consumo si eleverebbe a 6,8 miliardi di kWh se la durata fosse portata a 2000 ore. Il provvedimento di prolungare la vita utile promulgato durante la guerra permise di economizzare sensibili quantità di metalli pregiati. Nel calcolo economico bisogna anche tenere conto della spesa per il ricambio delle lampade. Se si alimenta una lampada con una tensione inferiore a quella per cui fu costruita, il rendimento luminoso della lampada diminuisce ma in compenso aumenta la durata del filamento. Ad esempio per una lampada costruita per 220 V, se la si alimenta a 205 V si ottengono soltanto 9 lumen/watt; ma la vita della lampada passa rispettivamente da 1150 ore a a 220 V, a 2000 ore a 205 V, mentre cade a 300 ore a 235 V. La spesa totale sostenuta per il flusso emesso dalla lampada durante tutta la sua vita, per ogni tensione applicata, risulta dalla somma della spesa per energia e di quella per il ricambio. Posto p centesimi per kWh il prezzo dell'energia, la spesa per un'ora di funzionamento sarà $k_1 = pN/1000$ essendo N la potenza richiesta, e per lumen-ora sarà $k_1 = p/1000\,\eta$, dove η è il rendimento in lumen/watt. Per un costo di a centesimi della lampada a una durata di n ore, la spesa di ricambio sarà $k_2 = a/N\eta n$ centesimi per lumen-ora. La spesa totale per un lumen-ora risulta quindi di $K = k_1 + k_2 = (p/1000\,\eta) + (a/N\eta n)$. È facile riconoscere che la tariffa dell'energia è un fattore importante cosicchè quando essa è elevata, la lampada da 2000 ore può riuscire più cara di quella da 1000 ore di vita. Il prezzo delle lampade potrà essere alquanto abbassato se si procederà ad una riduzione del numero dei tipi di lampade del commercio con un'opera di unificazione; in Germania da circa 1600 tipi di lampade si è scesi a poche centinaia. Ulteriori progressi nella tecnica della costruzione delle lampade a incandescenza permetteranno di ottenere una maggiore durata con un rendimento più elevato. *N.*

E. Frey — **La lampada a bassa tensione per scopi generali di illuminazione.** (A.S.E. Bull., 9 febbraio 1944, pag. 69 a 76, con 10 fig.). **19 d**

A parità di carico, una minore tensione applicata indica una maggiore intensità di corrente e quindi una maggiore temperatura del filamento; come è noto, con l'aumentare della temperatura la emissione delle radiazioni di piccola lunghezza d'onda aumenta più rapidamente di quella delle onde lunghe e ciò spiega perchè la luce delle lampade a bassa tensione sia più bianca di quella delle lampade normali. Inoltre, anche il rendimento luminoso (in lumen per watt) risulta più elevato. Così una lampada da 100 W a 220 V ha un rendimento di 12,8 lumen/W, mentre una lampada di eguale potenza, della stessa casa e dello stesso anno, rende 17 lumen/W se a 24 V. Queste lampade a bassa tensione si sono abbastanza diffuse nella Svizzera dove, secondo l'A., se ne contano attualmente circa 1500 impianti con 60 000 a 70 000 lampade installate. All'estero il sistema incontrò opposizioni perchè si partiva dal concetto di distribuire l'energia a 24 od a 12 V e si andava così incontro all'inconveniente di introdurre una nuova tensione di distribuzione. Nella Svizzera invece si adottò fin da principio il sistema di installare molti piccoli trasformatori facendo servire ad ognuno di essi soltanto 5 o 6 lampade. Più diffuso di tutti però, secondo l'A., è il sistema di fornire ogni lampada di un proprio trasformatore inserito nel dispositivo di attacco della lampada stessa al soffitto o al muro, ecc. In queste condizioni però il rendimento complessivo si abbassa per le perdite proprie del trasformatore e si perde gran parte del vantaggio della lampada a bassa tensione. L'A. svolge anche un conto di convenienza economica tenendo presente il costo del tra-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sformatore e di quello dell'energia, arrivando a determinare il tempo di ammortamento della spesa per il trasformatore, tempo che riesce alquanto lungo. Più favorevoli sono le condizioni quando si raggruppino più lampade sotto un solo trasformatore. L'A. illustra invece in modo particolare il sistema di installazione di più lampade a bassa tensione in serie, senza trasformatore. Naturalmente in tal caso bisogna introdurre qualche accorgimento per impedire che il guasto di una lampada provochi lo spegnimento di tutto il gruppo in serie. A tale scopo ad ogni lampada a bassa tensione viene aggregata una piccola lampada inserita in parallelo con essa ma costruita per la piena tensione di linea. In funzionamento normale tale lampada ausiliaria non si accende affatto perchè risulta alimentata alla tensione corrispondente alla lampada a tensione ridotta; ma se questa si rompe, la lampada in parallelo viene a ricevere praticamente la piena tensione di linea e si accende segnalando quindi quale sia la lampada che si è guastata; è così facile provvedere rapidamente al ricambio. L'aumento di consumo e di costo di impianto di tali lampade sussidiarie risulta abbastanza piccolo, come dimostra l'A., per rendere ancora nettamente conveniente la adozione del sistema proposto. Invece della lampada ausiliaria si può anche introdurre un dispositivo a relè a cui l'A. accenna. La introduzione delle moderne lampade a vapori metallici che hanno un elevato rendimento ha però diminuito assai l'interesse delle lampade a bassa tensione; un confronto sviluppato dall'A. lo mette in evidenza. Tuttavia vi sono ancora dei campi di applicazione dove queste ultime si presentano convenienti; così ad esempio, per ragioni di sicurezza, nei luoghi umidi e simili; nelle illuminazioni di riserva, con batterie di accumulatori; per illuminazioni localizzate presso macchine che compiono lavori fini; in installazioni soggette a scosse o vibrazioni; dove le lampade a vapori metallici possano dare luogo a effetti stroboscopici con parti in movimento; negli impianti ferroviari a 16 2/3 p/s; nei riflettori. *Ri.*

IMPIANTI.

A. Strickler — **Sulla necessità di centrali a serbatoio nella Svizzera.** (E. Verwertung, 1944-45, N. 6-7, pag. 121 a 129). **20 v**

Riassumendo la storia degli sviluppi degli impianti elettrici nella Svizzera, l'A. mette in evidenza come gli impianti costruiti dal 1925 al 1942 abbiano spostato la proporzione dell'energia invernale prodotta rispetto alla produzione annuale soltanto dal 0,44 al 0,46. L'energia non utilizzata varia fra 300 e 580 milioni di kWh in inverno e fra 300 e 1300 milioni di kWh in estate. Per quanto riguarda le centrali costruite fra il 1937 e il 1940, si hanno i seguenti dati. Centrali ad acqua fluente: Rekingen (per la parte svizzera) 15 000 kW installati, 110 milioni di kWh annui disponibili; Verbois, 66 000 kW installati, 420 milioni di kWh disponibili. Centrali ad accumulazione: Etzel 92 000 kW installati, 152 milioni di kWh disponibili; Innertkirchen, 133 000 kW installati, 380 milioni di kWh disponibili. L'A. espone considerazioni circa i costi di costruzione e i prezzi di produzione del kWh. I futuri sviluppi dell'industria elettrica svizzera possono venire considerati sotto due punti di vista: opportunità di sottrarsi alle importazioni di combustibili esteri, economia generale europea dell'energia. Il fabbisogno di carbon fossile, cok e lignite per la Svizzera è di circa 2,88 milioni di tonnellate annue, di cui 1,05 milioni per l'industria, 1,65 milioni per usi domestici e del commercio, 0,18 milioni per i trasporti. Per la completa sostituzione di questi consumi con energia elettrica occorrerebbero 6 miliardi di kWh (3,5 invernali e 2,5 estivi) per l'industria; 10 miliardi (9 invernali e 1 estivo) per usi domestici e del commercio, e 300 milioni per i trasporti. Tenuto conto delle possibilità reali di sostituzione e dei previdibili sviluppi l'A. ritiene necessario per la Svizzera un ulteriore incremento di produzione d'energia elettrica, rispetto al 1943, di 5300 milioni di kW, di cui 3300 milioni in inverno e 2000 milioni in estate; un tale sviluppo è possibile naturalmente soltanto se il prezzo dell'energia prodotta riuscirà minore di quello dei combustibili corrispondenti. Le disponibilità attuali ancora non sfruttate delle risorse idroeletriche sono valutate in circa 11 milioni di kWh. Sarebbero da costruire per prime le grandi centrali ad accumulazione che si presentano meno costose, come quelle di Rienio, Bergeller e Misoxer. Supposto di realizzare lo sfruttamento completo delle risorse disponibili idrauliche e tenendo conto dei fabbisogni previdibili per lo sviluppo dei consumi nazionali nel prossimo periodo di 20 a 30 anni, resterebbero disponibili per l'esportazone 3100 milioni di kWh invernali e 2900 milioni di kWh di energia estiva. Se si porta invece l'attenzione sul problema generale della economia europea dell'energia, si arriva alla conclusione che è principalmente opportuno costruire impianti ad acqua corrente. Essi permettono infatti di produrre ingenti quantità di energia a buon mercato; però vengono meno in gran parte nel periodo estivo. Nel complesso dell'economia europea si devono tenere presenti i collegamenti fra le risorse idroelettriche e quelle termiche. Vi sono molti utenti di combustibili, specialmente per produzione di vapore, che potrebbero servirsi invece, durante l'estate, di energia elettrica spendendo in modifiche di impianto soltanto una piccola percentuale di quanto avrebbe costato la costruzione di un lago-serbatoio. Nelle centrali termoelettriche estere si consuma circa un kg di carbone per produrre 2 kWh, mentre nella Svizzera si impiegano (in caldaie elettriche) circa 6 kWh per risparmiare un kg di carbone; vi sarebbe dunque interesse a scambiare coll'estero 2 kWh esportati contro l'importazione di un kg di carbone. In molti impianti esteri termoelettrici combinati con distribuzione di vapore per riscaldamento l'energia prodotta nell'estate riesce assai più cara di quella invernale; la Svizzera potrebbe quindi esportare energia estiva a buone condizioni. L'esportazione di energia stagionale potrebbe anche essere largamente assorbita dalle industrie elettrochimiche. L'A discute dettagliatamente, anche sulla base di calcolazioni concrete di costi, questi argomenti che parrebbero consigliare alla Svizzera una politica di produzione dell'energia orientata verso l'esportazione e dimostra come in realtà essi non valgono a far disconoscere la grande importanza nazionale per la Svizzera, e anche internazionale, delle grandi centrali a serbatoio. ***N.***

P. F. Rollard — **La nuova stazione di accoppiamento e di distribuzione « Centrale termica » del Service de l'Electricité di Ginevra.** (A.S.E. Bull., 22 marzo 1944, pag. 135 a 144, con 16 fig.). **20 i**

La centrale di Verbois fornisce, fra l'altro, energia alla città di Ginevra mediante 7 (più tardi 10 cavi) a 18 kV che mettono capo alla nuova sottostazione detta « Centrale termica » perchè installata nelle vicinanze della esistente centrale termica cittadina. In questa, considerata come centrale di riserva, sono installati 2 turboalternatori e 2 gruppi Diesel-alternatore capaci di fornire 15 000 kVA a tensione bifase di 3000 V. Queste macchine sono collegate con la rete a 18 000 V mediante trasformatori a collegamento Scott connessi alle sbarre della nuova sottostazione. Questa serve tutti gli alimentatori della rete primaria della città e del Cantone. Per ragioni di spazio si è dovuto utilizzare per la nuova sottostazione l'edificio di una vecchia cabina di collegamento e distribuzione bifase a 3000 V. Tale cabina non potrà essere completamente abolita perchè ad essa sono collegati i motori delle generatrici a corrente continua dei tram cittadini nonchè i turboalternatori, i gruppi Diesel e i trasformatori Scott di cui sopra. I circuiti destinati a rimanere sono stati raggruppati a una estremità dell'edificio; nel posto lasciato libero si è riusciti a installare i 33 circuiti che comporta la nuova cabina. Nello schema, le sbarre omnibus sono a anello apribile in più punti mediante sezionatori. Ad ogni estremità dell'anello vi è un gruppo di inserzione di due trasformatori, uno trifase per la misura della tensione delle sbarre e del punto neutro rispetto alla terra, e l'altro per alimentare alla tensione delle sbarre un regolatore a 4 settori (per 4 alternatori) nella centrale di Verbois, per la regolazione della tensione. Sull'anello giungono i 7 cavi provenienti dalla centrale, con intensità normale di 250 A. Dall'anello partono poi 16 cavi per 250 A; su ciascuno di essi possono anche essere inviate correnti a frequenza variabile emesse da una installazione di comando a distanza. Altri 3 circuiti da 180 A, sono alimentati dai trasformatori Scott. Vi è poi un circuito che permette di mettere in parallelo due tronchi di sbarre di cui uno potrebbe, ad esempio, essere alimentato dalla centrale di Verbois e l'altro dalla centrale di riserva. L'apparecchiatura ad alta tensione è stata scelta

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tenendo presenti le enormi intensità delle possibili correnti di cortocircuito che possono manifestarsi sulle sbarre connesse alle sbarre della centrale di Verbois, a sua volta collegata alle grandi reti svizzere e francesi. Si è quindi fatto ricorso ad interruttori a aria compressa e a sezionatori pneumatici. Siccome anche i riduttori di tensione e di corrente sono di tipo a secco, l'olio resta quasi completamente bandito dall'impianto; esso è presente soltanto nei trasformatori del posto di comando a distanza. Le sbarre sono dimensionate per una intensità normale di 1500 A e per resistere agli sforzi dinamici nel caso di correnti di cortocircuito che possono arrivare a circa 30 000 A. I coltelli di derivazione sono previsti per una intensità nominale di 400 A. Gli interruttori a aria compressa sono previsti per corrente nominale di 400 A e per capacità di rottura di 500 000 kVA; la pressione di esercizio dell'aria è di 12 a 14,5 kg/cm². La protezione delle linee in arrivo è affidata a relè selettivi di distanza, a relè termici e a relè di terra direzionali. Ogni partenza è protetta con 2 relè a massima intensità, un relè termico e un relè di terra direzionale. La protezione dei gruppi Scott comprende un relè differenziale e inoltre, sul lato 18 kV, 2 relè di massima, un relè termico, un relè di terra non direzionale, e sul lato 3000 V, 2 relè di massima. Due relè di massima provocano lo scatto dell'interruttore inserito sul circuito di accoppiamento in caso di cortocircuito o sovraccarico su uno dei tronchi di sbarre da esso collegati. Il circuito dei servizi, alimentati con un trasformatore da 600 kVA, sono protetti con 2 relè termici. *Ri.*

I. Malandrone — **Forze endogene.** (Rivista del Catasto, gennaio-aprile 1944, pag. 69 a 76). **20 v**

L'A. premette alcune considerazioni sulle disponibilità mondiali di risorse di energia sfruttabili industrialmente in relazione ai prevedibili continui aumenti delle richieste dei consumi, per mettere in evidenza la necessità di pensare allo sfruttamento di nuovè sorgenti di energia. Prende poi a considerare le possibilità di utilizzazione della energia racchiusa nelle viscere della terra sotto forma di calore. La più grandiosa utilizzazione di questo tipo è costituita dai noti impianti dei soffioni di Larderello che utilizzano vapore a 3 fino a 5 atmosfere, surriscaldato a oltre 200 °C. Assai più frequente di quello di getti di vapore è in natura il caso di sorgenti di acqua calda. Alcuni tentativi di utilizzazione di tali sorgenti sono già stati fatti e l'A. ricorda gli impianti sperimentali studiati dal prof. D'Amelio con una caldaia a cloruro di etile, azionando una turbina di circa 4 kW e ricavando una potenza di 2,55 kW per ogni litro/sec di portata di acqua calda a 60 °C. Un impianto da 300 kW di tale tipo era progettato nell'Isola d'Ischia. Si è anche pensato di poter sfruttare il calore contenuto nelle masse rocciose delle nostre montagne dove a notevoli profondità si incontrano temperature elevate (nel Sempione fino a 56 °C). Si può pensare di realizzare una circolazione di acqua che portasse all'esterno il calore ricevuto dalle rocce calde in galleria. Ma tale realizzazione urta contro gravi difficoltà per il fatto che il coefficiente di conduttività delle rocce è molto piccolo e quindi occorrerebbero superfici enormi per poter emungere un numero di calorie tecnicamente sufficiente per giustificare un impianto. L'A. imposta un calcolo in proposito e mette in evidenza che per scaldare 10 litri d'acqua al secondo da 10 a 100 °C occorrerebbe una galleria di 3 km con sezione rotonda di 2,30 m di diametro. L'A. rileva però che grandi incertezze sussistono riguardo alle condizioni reali che regnano nelle viscere della terra dove le perforazioni sono penetrate soltanto per uno spessore minimo; a tale riguardo esamina particolarmente il caso delle sorgenti calde di Acqui che danno acqua a 75 °C sebbene la regione non presenti fenomeni di vulcanismo. Come orientamento di massima l'A. afferma che, per lo studio di eventuali utilizzazioni del calore interno, non conviene rivolgere l'attenzione a regioni nel quale il gradiente termico è dell'ordine di 40 a 50 m (come nelle rocce cristalline di montagne antiche) nè a quelle poco metamorfosate nelle pianure (dove il gradiente termico è dell'ordine di 30 m circa), bensì a quelle regioni dove il gradiente termico si abbassa a 15 e anche a 10 m e in particolare alle regioni vulcaniche e circumvulcaniche sia attive sia spente. Un altro aspetto del problema riguarda le modalità e i mezzi con i quali, una volta accertata nel sottosuolo la presenza di alte temperature, si possa addivenire al trasporto del calore alla superficie. Sembra difficilissimo allo stato attuale della tecnica arrivare a tale risultato quando manchi l'acqua naturale che, sotto forma di liquido o di vapore, porti il calore all'esterno. In proposito l'A. richiama gli impianti a vapore di cloruro di etile accennando alla possibilità di impiegare tale fluido anche in impianti per la utilizzazione del calore terrestre. *Ri.*

MISURE.

F. Niethammer. — **Lo sfasamento nella taratura dei wattmetri e dei contatori.** (E. T. Z., 30 dicembre 1943, pag. 674 a 675, con 3 fig.). **28 e**

Nella taratura dei wattmetri e dei contatori insieme ai loro riduttori di tensione e di corrente non si usa, in laboratorio, il carico reale con la corrente sotto piena tensione perchè spesso non si hanno a disposizione potenze sufficienti e inoltre è inutile sprecare energia. Anche le varie condizioni di sfasamento non sono realizzate mediante carichi induttivi o capacitivi. Si usano in generale circuiti di tensione e di corrente completamente distinti e indipendenti: la corrente viene addotta al contatore attraverso un trasformatore a bassa tensione, di solito una frazione di volt. La bobina di tensione, indipendente, viene alimentata con una corrente di alcuni milliampere o poco più. Si fa variare lo sfasamento reciproco entro vasti limiti inserendo nel circuito di tensione un variatore di fase oppure si usa un gruppo costituito da un motore sincrono con accoppiato un generatore sincrono di corrente e uno di tensione uno dei quali ha lo statore mobile, spostabile a volontà di 360° gradi elettrici mediante un meccanismo a ruota elicoidale a vite perpetua. Con entrambe queste due disposizioni nasce la domanda se per una data posizione del variatore o dello statore regolabile lo sfasamento che ne deriva sia induttivo o capacitivo, se cioè la corrente è in ritardo o in anticipo sulla tensione. Si può stabilire una volta per sempre una graduazione mediante misure, ma poichè è facile che avvenga inavvertitamente uno scambio di morsetti è comodo disporre di un metodo facile e rapido di verifica. A tale scopo si può inserire in parallelo con la bobina di corrente una resistenza quanto più possibile priva di induttanza e di capacità, di valore pressochè eguale alla resistenza apparente della bobina stessa, cioè dell'ordine di alcuni centesimi di ohm; nella maggior parte dei casi è sufficiente la resistenza di contatto dell'interruttore a tasto che serve per mettere in corto circuito la bobina di corrente. L'A. riferendosi a semplici diagrammi vettoriali chiarisce il procedimento da seguire. Si supponga che la corrente sia in ritardo sulla tensione: si giri lo statore in modo che lo sfasamento aumenti e la potenza reale $UI \cos \varphi$ diminuisca fino ad annullarsi: si inserisce a questo punto la resistenza in parallelo alla bobina di corrente: è facile riconoscere sul diagramma vettoriale che l'indice dell'istrumento si sposterà negativamente perchè si introduce un carico $-NI \cos \varphi_1$. Se invece inizialmente la corrente era in anticipo sulla tensione, chiudendo il tasto di inserzione della resistenza in parallelo si vedrà l'indice spostarsi nel senso positivo perchè si introduce un carico $+NI \cos \varphi_1$. L'A. svolge anche un esempio numerico. *N.*

MOTORI PRIMI.

H. F. Canaan - J. Lell. — **Trenta anni della turbina Kaplan.** (W. u. W., 16 febbraio 1944, pag. 29 a 42, con 25 fig.). **30 b**

Il primo brevetto per una turbina a pale regolabili fu preso da V. Kaplan nel 1913. La prima realizzazione pratica si ebbe nel 1916 da parte della Ditta Voith con la costruzione di una turbina sperimentale che aveva una girante di 700 mm di diametro e fu provata presso la Ditta stessa sotto un salto di circa 4,7 m e per una potenza di 75 kW. Gli AA. descrivono questa prima ruota sperimentale e i risultati delle prove allora eseguite e che si dimostrarono subito assai promettenti sebbene la curva del rendimento risultasse troppo ripida. Gli AA. narrano lo sviluppo successivo e il progressivo affermarsi del nuovo tipo di turbina. Esaminano poi le diverse combinazioni che possono essere impiegate e cioè: turbina Kaplan con doppia regolazione delle pale della ruota e del distributore; turbina ad elica con pale della girante fisse e pale del di-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

stributore regolabili; turbina Kaplan con distributore a pale fisse e girante a pale regolabili; turbina ad elica con pale fisse sia sulla girante sia sul distributore; analizzano il funzionamento di questi 4 diversi tipi di installazione e mettono in evidenza la superiorità della turbina Kaplan con doppia regolazione nel caso di impianti a bassa caduta. Tracciano poi un quadro della situazione della tecnica della costruzione delle turbine idrauliche nel 1913 cioè all'apparire della innovazione portata dal Kaplan segnalando il progresso realizzato dal nuovo tipo di macchine specialmente per l'alto numero di giri specifici e l'andamento pianeggiante della curva del rendimento. Vengono poi ricordati gli sviluppi degli studi teorici intorno alla turbina Kaplan e sono analizzate le influenze dei singoli elementi che influiscono sul funzionamento stesso. In particolar modo è preso in considerazione il tubo di aspirazione specialmente nei riguardi delle nuove forme per esso studiate e adottate dal Kaplan, mettendo in evidenza la importanza che la razionale costruzione di esso può assumere nei confronti del rendimento della macchina. Fra il 1925 e il 1928 furono eseguiti studi intorno alla possibilità di adattare le ruote Kaplan anche per salti superiori ai 6 m che sembravano allora il limite massimo. Le difficoltà che si incontrarono furono dapprima principalmente di carattere più idraulico che costruttivo: mancavano i fondamenti teorici per il calcolo della altezza di aspirazione statica per un dato tipo di ruota. Si dovettero costruire apposite installazioni di prova per ricerche sperimentali sull'argomento: gli AA. descrivono alcuni di tali impianti studiati in modo da riprodurre quanto più possibile le condizioni naturali di impianti effettivi. Si eseguirono in tal modo lunghi studi sulla cavitazione e si arrivò a conclusioni utili sulla scelta del numero delle pale, del passo dell'elica ecc. Contemporaneamente si eseguivano studi e ricerche intorno ai materiali per la costruzione delle ruote e delle pale nei riguardi della resistenza alla corrosione: si era infatti osservato che ruote funzionanti in condizioni simili presentavano effetti di corrosione molto diversi secondo il materiale da cui erano costruite; si riconobbe mediante ricerche sistematiche che il materiale più adatto era l'acciaio fuso, con 13 % di cromo. Ruote Kaplan costruite con questo materiale e funzionanti sotto un salto di 32 m non presentarono alcun segno di corrosione dopo 10 anni di funzionamento. Altre Ditte adottarono invece materiali di altro genere placcati con lamierini di acciai speciali di 3 a 5 mm di spessore; si ricorse anche a rinforzare i punti più pericolosi con materiale riportato mediante saldatura. Più tardi si cercò anche di utilizzare per le ruote la ghisa. Con queste ricerche si riuscì a eliminare completamente gli effetti di cavitazione. Di grande importanza si è anche dimostrato il buon proporzionamento dell'intervallo libero fra la girante e l'anello fisso: e in proposito è riportata una curva di variazione del rendimento in funzione del valore di tale gioco. Si è poi riconosciuto che le turbine Kaplan hanno una velocità di fuga molto più alta che le turbine Francis, tanto che può arrivare a 2,2 e anche 2,5 volte la velocità normale; l'inconveniente si fa anche più grave se il salto è molto variabile: non si è finora riusciti a eliminare tale pericolo che in Giappone ha già avuto come conseguenza lo sfasciamento di due alternatori con gravi danni. Le turbine Kaplan hanno un andamento del momento torcente meno favorevole delle Francis all'avviamento; esso arriva so'tanto a 1,05 del momento a numero di giri normali. Gli AA. forniscono poi notizie sull'affermarsi del nuovo tipo di turbina in America e riportano dati su alcuni importanti impianti eseguiti, citando in particolare i vantaggi realizzati in qualche caso col sostituire in vecchi impianti le turbine esistenti con altre tipo Kaplan o ad elica. Il più alto salto finora utilizzato con una ruota Kaplan è quello di 45 m nella centrale di Liffey in Irlanda, con 2 unità; la potenza massima unitaria è quella delle turbine della centrale di Bonneville (S.u.) da 60 000 kW con salto di 15,24 a 19,70 m, 75 giri/min. N.

RADIOTECNICA.

R. Machill. — **La radiodiffusione russa.** (E. T. Z., 30 dicembre 1943, pag. 675 a 682, con 11 fig.). 34 v

Oltre ai posti di ricezione radio vi è nella Russia una rete di diffusione di notizie su filo a bassa frequenza: con tale sistema di distribuzione un utente collegato su un simile impianto basta che possieda un altoparlante o un ricevitore telefonico. L'energia a frequenza acustica viene condotta al posto di ricezione con fili. I centri di diffusione su filo servono un milione di utenti e stabiliscono un collegamento sicuro fra lo Stato, il Partito e la popolazione. Fin dalla fine del 1926 si studiò di utilizzare a tale scopo la rete telefonica inserendo dei relè che interrompessero in centrale la trasmissione quando l'utente chiamava un numero telefonico o era chiamato; ma l'iniziativa non condusse, per varie ragioni, a successi soddisfacenti. Poichè la trasmissione a bassa frequenza su filo presenta il grande vantaggio che il dispositivo ricevente può essere molto semplice e per una tensione di arrivo abbastanza alta può bastare come apparecchio ricevente un altoparlante, si stabilì di installare una apposita rete alimentando più utenti da un posto di amplificazione; la rete fu costruita a similitudine di quella di distribuzione di energia: dalla centrale o dai posti di amplificazione principali partono, a guisa di stella, i conduttori principali per le varie zone cittadine; dai conduttori principali partono poi linee secondarie dalle quali vengono derivate le entrate nelle varie case e su queste i collegamenti degli utenti. Ogni entrata deve essere protetta perchè un guasto a un apparecchio di un utente non interrompa la ricezione per gli altri. Impianti di questo genere, dei quali l'A. riporta lo schema, sono diffusi per tutto il territorio sovietico. Il principale difetto del sistema sta nella lunghezza delle linee principali per cui un guasto a una di esse mette fuori servizio un grande numero di utenti; un altro difetto sta nella forte caduta di tensione nelle linee principali stesse. Per portare la stessa tensione a tutti gli utenti di una grande città bisogna variare frequentemente la sezione delle linee principali, usare elevate tensioni a bassa frequenza in partenza e suddividere il carico degli amplificatori. Per la ricezione delle radiodiffusioni si usano per lo più ricevitori tipo AM o tipo BJT-234 del quale l'A. riporta lo schema; essi impiegano per lo più valvole americane. Tali apparecchi sono per lo più installati sui campanili o sulle torri per evitare i disturbi nella ricezione delle radiotrasmissioni. La imperfetta costruzione delle linee di trasmissione di energia è fonte di molti disturbi; anche la copertura di zinco di molte case cittadine è pregiudizievole alle buone ricezioni. Per ridurre tali inconvenienti si installano spesso i ricevitori in locali separati dalle stazioni di diffusione su filo e si fanno poi dei lunghi collegamenti in filo fra il ricevitore e gli amplificatori di diffusione. Dal 1937 si è iniziata la costruzione in serie dell'apparecchiatura trasmittente che produce unità da 10, 50, 100, 500, 1500 W uscenti, nonchè dell'apparecchiatura per gli studi, per la registrazione sonora ecc. Per l'alimentazione degli amplificatori fu utilizzata la rete a corrente alternata, con tensione di 110 fino a 120 e 220 V, con una potenza di 50 W ed oltre. Furono studiati diversi regolatori per mantenere costante la corrente alternata; con essi si possono egualizzare oscillazioni della tensione di rete fra +10 fino a —35 %. Per le maggiori potenze (oltre 400 W) furono costruiti regolatori di tensione comandabili sia a mano sia automaticamente. La tensione di alimentazione dei microfoni viene pure derivata dalla rete a corrente alternata, attraverso raddrizzatori a secco e filtri. Le tensioni anodiche, di riscaldamento, di griglia sono pure ottenute con raddrizzatori. La alimentazione con batterie è usata negli impianti di trasmissione con frequenza acustica soltanto fino a 30 W. Oltre a queste sorgenti di energia si usano anche le esistenti batterie dei telefoni, ma solo in casi eccezionali. L'A. espone notizie e riporta i circuiti di vari tipi di amplificatori, fra i quali uno finale da 500 W. Viene poi illustrato lo schema completo di un impianto di trasmissione per piccoli villaggi che permette di alimentare 80 altoparlanti elettromagnetici, 330 altoparlanti dinamici. La rete di diffusione, a due fili, costituisce una terza rete dopo quella di distribuzione di energia e quella telefonica; si usa lo stesso materiale come per quest'ultima; per economia i conduttori si montano sulle stesse palificazioni delle linee di energia; assai raramente si usano cavi sotterranei speciali; ciò dà luogo, nelle grandi città, a un grande ingombro di linee aeree e di palificazioni. Il tipo di altoparlante più diffuso ha una banda di frequenza fra 1500 e 3500 p/s; le frequenze basse ed alte sono fortemente smorzate. Oltre alla diffusione su filo è molto sviluppata anche la radiodiffusione di-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

retta, con ricevitori autonomi; prima della guerra vi erano a Mosca da 500 000 a 600 000 apparecchi radioriceventi oltre a circa 500 000 apparecchi serviti dalla diffusione su filo. L'A. espone parecchie informazioni anche intorno a questo ramo della tecnica russa di radiodiffusione. *N.*

STATISTICA.

La produzione di energia elettrica nell'America centrale e meridionale. (E. Verwertung, 1944-45, N. 4, pag. 83 a 86). **36**

La densità della popolazione nel Sud-America è di soli 3,2 abitanti per km² (91,3 milioni su 17,6 milioni di km²). Le Imprese di produzione e distribuzione di energia sono concentrate nei pressi dei maggiori centri urbani, specialmente delle grandi città costiere. Non esistono in generale collegamenti fra le varie imprese, in causa delle enormi distanze. Buenos Ayres, trovandosi molto lontana da risorse idrauliche, è alimentata da centrali termoelettriche per una potenza complessiva di 600 000 kW. Rio de Janeiro invece è servita da centrali idrauliche aventi una potenza totale di 254 000 kW, mediante linee a 132 kV; vi è anche in città una centrale a vapore di riserva. La Città di Messico è pure alimentata da impianti idroelettrici, per 240 000 kW. Santiago è servita da una rete che alimenta anche Valparaiso e altre piccole città, con una disponibilità di 168 000 kW. Nel Cile sono in costruzione 4 nuovi impianti per 107 000 kW che saranno allacciati alla stessa rete. Lima e Bogotà sono pure servite da impianti idroelettrici, rispettivamente per 80 000 e per 45 000 kW. La distribuzione avviene nel Sud America di solito a 220 V, 50 p/s, ma non mancano reti isolate a corrente continua oppure alternata a 60 p/s e tensione di 110 o di 125 V. Il Brasile possiede quasi esclusivamente impianti idroelettrici; nel Messico e nel Perù circa il 60 % dell'energia è prodotta idraulicamente; nel Cile, il 50 %. Oltre il Brasile, le zone più ricche di risorse idrauliche sono le Ande che sul versante Pacifico danno luogo a salti elevati. La centrale Martens, nel Cile, da 26 000 kW, utilizza un salto di 170 m. Sulla costa atlantica, il Salto Grande sull'Uraguay rappresenta una disponibilità di 500 000 kW, e la cascata dell'Iguassù 250 000 kW. Sul Paranà esiste un salto che potrebbe dare 500 000 kW; non molto lontano da S. Paolo, un altro salto darebbe modo di ricavare 1 500 000 kW. Le centrali a vapore contengono gruppi potenti, fino di 50 000 kW, mentre sono molto diffusi i piccoli impianti con motori Diesel; il più potente di questi raggiunge 3300 kW. Alcuni impianti termici del Sud America utilizzano come combustibili residui della lavorazione del caffè e dello zucchero. La massima tensione impiegata nelle linee di trasmissione è di 135 kV, per collegare Rio de Janeiro con le centrali idrauliche. Presso S. Paolo vi sono 2 linee rispettivamente a 88 e a 66 kW. Nel Cile vi sono linee a 110 kV, come pure nel Messico; in Argentina si arriva al massimo a 60 kV. I dati statistici complessivi sono: Brasile, potenza installata 1187 MW (950 MW idraulici), produzione annua 3×10^9 kWh; Argentina, potenza installata 1136 MW (41 MW idraulici), produzione 2640×10^6 kWh; Cile, 469 MW, 1500×10^6 kWh; Uruguay, 126 MW, 200×10^6 kWh; Perù, 102 MW, 400×10^6 kWh; Columbia, 205 MW, 212×10^6 kWh; Equador, 17 MW, 51×10^6 kWh; Venezuela, 10 MW, 400×10^6 kWh; Paraguay, 4 MW, 12×10^6 kWh; Bolivia, 5 MW. *N.*

TRAZIONE E PROPULSIONE.

H. Chamayou — **L'estensione dell'elettrificazione delle ferrovie francesi.** (Linee da Parigi a Lion e da Brive a Montanbau). (Rev. Gen. Elec., settembre 1943, pagina 268 a 274, con 3 fig.). **41 a**

L'A. mette anzitutto in evidenza i vantaggi della elettrificazione ferroviaria sia per il risparmio di combustibile sia per altri pregi riguardanti l'esercizio. La elettrificazione delle ferrovie francesi era appena agli inizi nel 1920, anno nel quale venne steso un programma di elettrificazione adottando il sistema a corrente continua a 1500 V e prescrivendo che la alimentazione delle sottostazioni fosse effettuata dalla rete industriale a 50 p/s. Non vi sono in Francia centrali o linee di trasporto speciali per le ferrovie ma tutte funzionano in parallelo con la rete generale unica del Paese. Furono appunto le linee di trasporto costruite per servire le ferrovie che vennero gradatamente a costituire l'ossatura della rete elettrica nazionale. Nel 1938 la lunghezza delle linee elettrificate arrivava a 3355 km; l'alimentazione delle linee di contatto era assicurata da 167 sottostazioni per una potenza installata di 575 800 kW; la Société nationale des Chemins de Fer possiede 14 centrali idroelettriche la cui produzione annua supera un miliardo di kWh e 11 cabine di trasformazione a 220 e a 150 kV per una potenza installata di 700 000 kVA. La rete di trasporto di energia della Società comprende 420 km di linee a 220 kV, 900 km di linee a 150 kV e 1680 km di linee a 90 kV oltre a 1760 km di linee a 60 kV. Il consumo annuo di energia per i bisogni di trazione è stato, nel 1938, di 700 milioni di kWh e nel 1942 di 775 milioni di kWh all'entrata nelle sottostazioni. Il consumo per tonnellata-chilometro è stato nel 1938 di 31 Wh, contro 60,5 grammi di carbone per le linee a vapore. Nel programma di immediati lavori sono comprese le elettrificazioni delle linee Brive-Montauban e Parigi-Lione. La prima è già avanzata; sarà alimentata da sottostazioni di conversione automatiche a raddrizzatori a vapore di mercurio, comandate a distanza dal posto del dirigente unico; ogni sottostazione avrà un unico raddrizzatore e nel caso di guasto a una unità essa sarà supplita almeno parzialmente da quelle vicine; le sottostazioni risultano più ravvicinate che col solito metodo delle riserve locali ma il numero totale delle unità installate riesce minore. La linea Parigi-Lione, lunga 863 km, è, per il traffico, la più importante di tutta la Francia; nel 1938 il traffico ha raggiunto 12 miliardi di tonnellate-chilometro lorde; il consumo di carbone per km di linea è stato nel 1938 di 1063 tonnellate. Si sono previsti 18 treni passeggeri da 750 tonnellate a 105 km/h nell'ora più caricata; 30 treni analoghi nelle due ore più caricate; oltre ai treni merci da 700 tonnellate a 80 km/h e da 1300 tonnellate a 55 km/h. La potenza media impegnata è prevista in 95 000 kW con una punta massima di 130 000 kW, ed eccezionalmente anche di 180 000 kW, con un consumo annuo di 400 milioni di kWh contati all'entrata dell'alta tensione nelle cabine. Sono previste 52 cabine di tipo analogo alle precedenti (dette a riserva attiva) con raddrizzatori da 4000 kW, ciò che corrisponde a una potenza installata di 522 kW per km di linea. Per l'alimentazione delle cabine (con rete a 60 kV) si sono previste 7 sottostazioni di allacciamento con le grandi linee ad altissima tensione. Nel piano di elettrificazione del 1941 sono previste anche parecchie altre elettrificazioni di linee minori che consumeranno complessivamente 500 milioni di kWh. *Ri.*

CRONACA TECNICA

APPLICAZIONI AGRICOLE.

4 Un tipo di **essiccatore universale per foraggi** della Ditta Ammann è descritto in « E. Verwertung », 1944-45, N. 1-3, pag. 65. Esso utilizza la circolazione forzata dell'aria, riscaldata da una batteria di resistori che assorbono una potenza da 16 a 50 kW, secondo il modello. Oltre che per essiccare l'erba esso può servire anche per essiccare legumi, frutta ecc. L'essiccatore consiste di una camera in materiale incombustibile con due paia di cassetti estraibili per il caricamento, capaci ciascuno di 15 kg di erba fresca; la superficie di caricamento totale è di 17 m²; i resistori e il ventilatore per la circolazione dell'aria sono installati in una camera adiacente a quella dei cassetti, separata da una parete verticale interrotta in basso e in alto. L'aria circola in parte in circuito chiuso, in parte viene evacuata e sostituita da aria nuova. Le dimensioni complessive dell'apparecchio sono di $3,4 \times 1,7 \times 1,7$ m i resistori sono divisi in due gruppi inseribili anche separatamente; un sistema di blocco impedisce che essi vengano inseriti se il ventilatore non è in funzione. L'essiccatore può essere fornito anche di un dispositivo di regolazione automatica della temperatura. Il modello minore, da 16 kW, può produrre 4 kg/h di erba secca lavorando 20 kg/h di erba fresca a 80 % di umidità; il modello da 50 kW arriva a 12,5 kg di erba secca partendo da 62,5 kg di erba fresca; il consumo di energia risulta inferiore a 1 kWh per ogni kg di acqua evaporata. *N.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MILANO — VIA GAETANO CRESPI, 28 — TELEFONI: 296.041/42/43/44

MACCHINARIO ROTANTE Motori elettrici trifasi e monofasi - Alternatori trifasi e monofasi - *Motori a* corrente continua per trazione - Gruppi convertitori - Dinamo - *Elettro*-pompe centrifughe - Elettroventilatori - Elettroseparatori magnetici.

MACCHINARIO STATICO Trasformatori in aria e in olio - Trasformatori per raddrizzatori, per forni elettrici, per saldatura, ecc. - Trasformatori di misura – Piani e mandrini magnetici - Piattaforme di sollevamento - Raddrizzatori termoionici.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

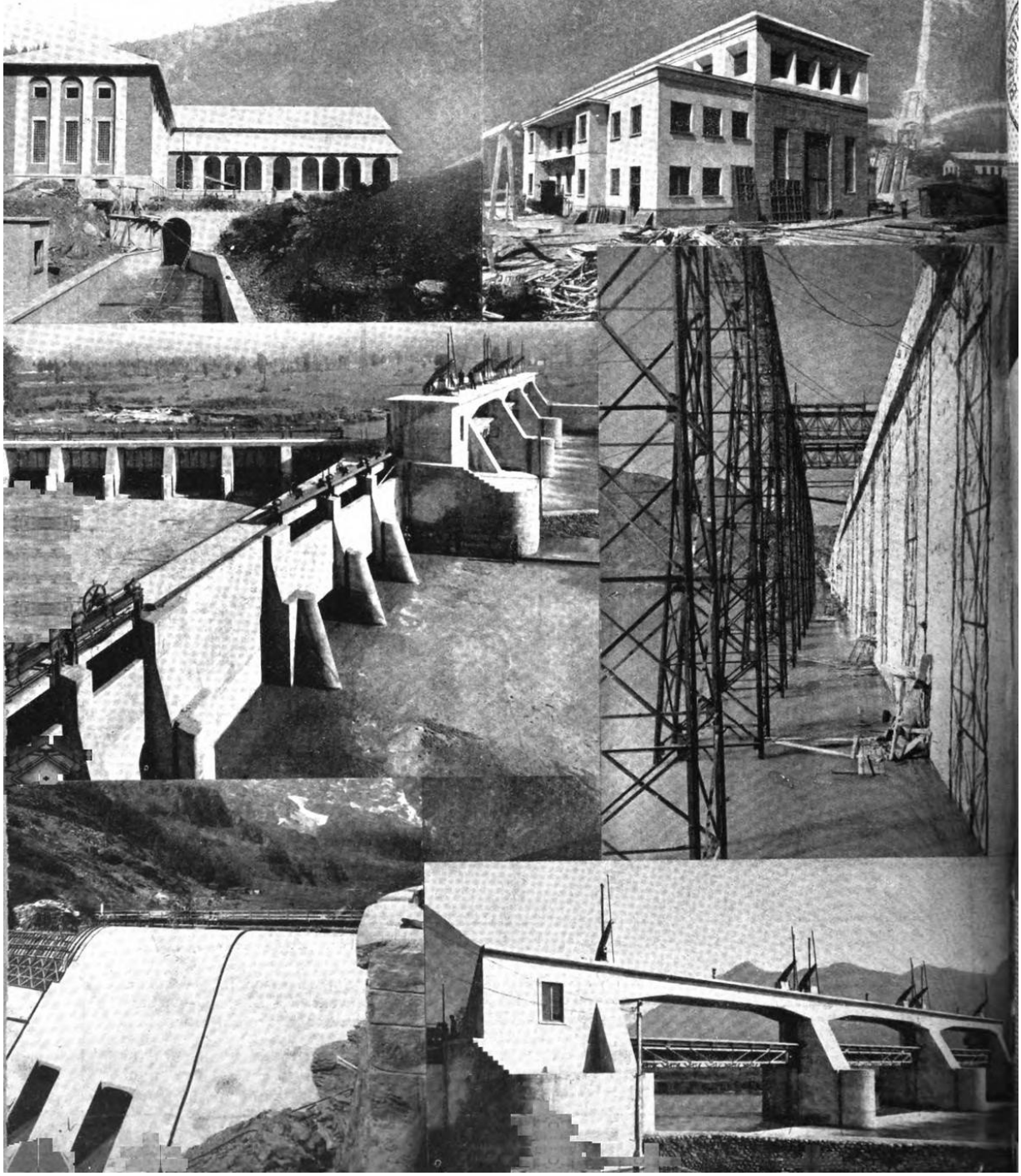
IMPRESA UMBERTO GIROLA

MILANO - DOMODOSSOLA - ROMA - PALERMO

PRINCIPALI LAVORI ESEGUITI ED IN CORSO DI COSTRUZIONE:

25 Impianti idroelettrici per una potenza complessiva di HP. 640.000

18 Laghi artificiali della capacità totale di 157.000.000 di mc. d'acqua.

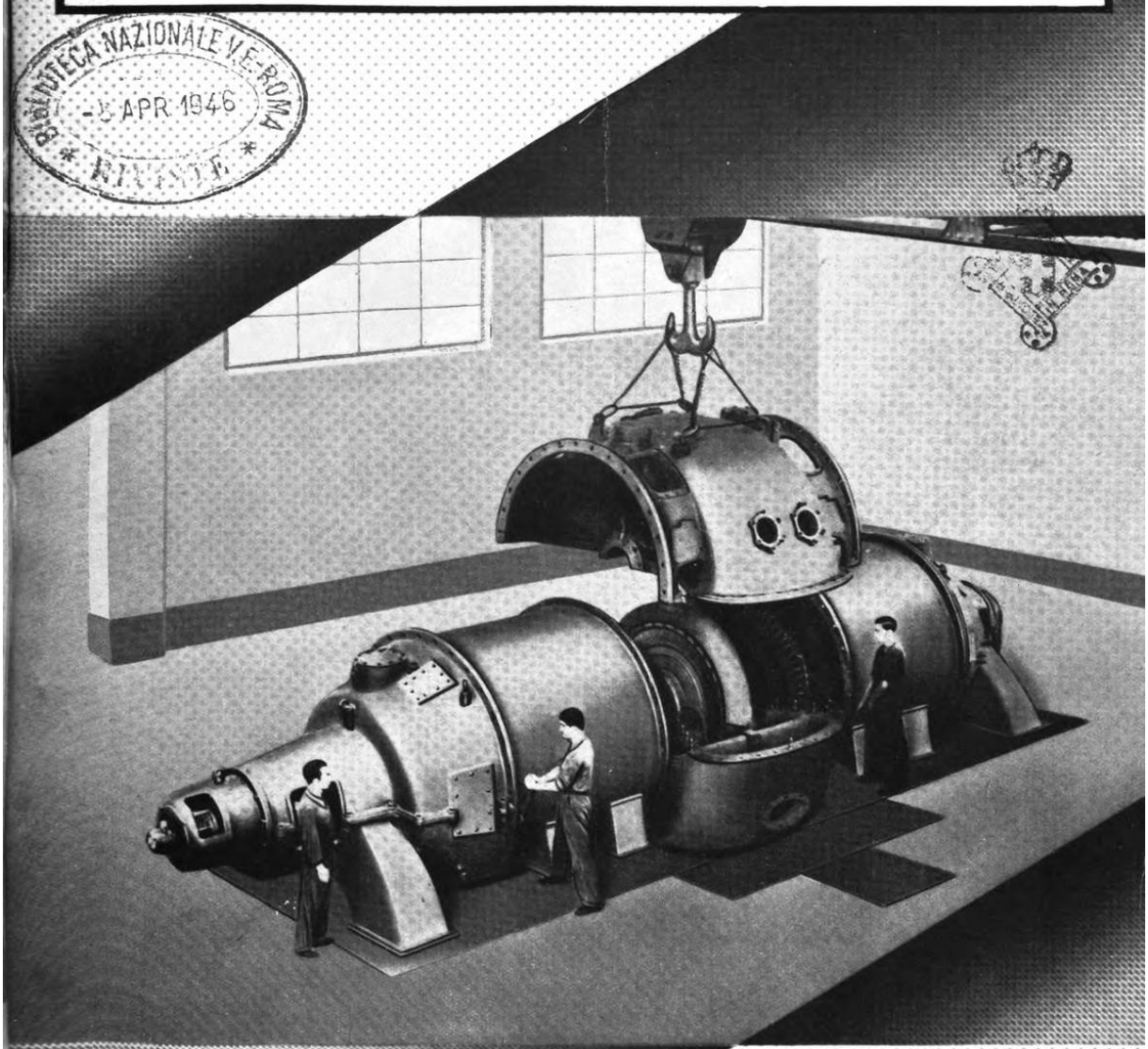


Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

BIBLIOTECA NAZIONALE VE-ROMA
- 2 APR 1946
RIVISTE



TURBOALTERNATORE
ANSALDO-LJUNGSTRÖM DA 10700 kVA
3150 V - 3000 GIRI/MIN - PER CENTRALE TERMICA

ANSALDO

11 10-25 NOV. 1945
Publ. 46 - 1-7-1-46 • Vol. XXXII

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Novembre 1945 N. 11
Pubblicato il 7 Gennaio 1946

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA - U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE { R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO - F. NERI - G. SILVA, REDATTORI - M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 13-713 - C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. - IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,-; PER I NON SOCI L. 50,-.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Motori asincroni e richiusura istantanea (G. DI VITO) . . Pag. 230
Le nuove norme sperimentali per la verifica dei complessi di misura dell'energia elettrica (A. BARBAGELATA) . . » 247

Lettere alla Redazione: L'unificazione delle tensioni (A. PAOLUCCI) . . . . . » 248

Libri e Pubblicazioni . . . . . » 248

Notizie dell'Associazione:
Soci sostenitori . . . . . Pag. 249
Norme C. N. R. - C. E. I. . . . . » 249
Verbale dell'Assemblea generale - Milano, 5 ottobre 1945 . . » 250
Notizie delle Sezioni: Sezioni di Genova e Roma . . . . » 251
Necrologio: Ing. Riccardo Saini . . . . . » 252
Attività delle Sezioni: Sezioni di Firenze, Genova, Milano, Roma eTorino . . . . . » 252

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 77 D

Il nuovo albo d'oro dell'A. E. I.

Come a suo tempo annunciammo, pubblichiamo più avanti un primo elenco di Soci sostenitori per il 1946: di Soci, cioè che, oltre alla quota di associazione ordinaria, hanno versato la quota addizionale di 500 lire. Si inizia così un nuovo Albo d'oro dell'Associazione, che sarà continuato nei prossimi numeri e che ci auguriamo possa comprendere un numero grandissimo di nomi.

Come infatti abbiamo altra volta rilevato, le nuove quote di associazione furono fissate dall'ultima assemblea coll'intento di renderle accessibili alla quasi totalità dei Soci; ma esse non sono visibilmente in relazione col diminuito valore del danaro e certamente non saranno sufficienti a fronteggiare il continuo vertiginoso aumento delle spese. Per poter portare il suo bilancio in pareggio, l'A.E.I. ha assolutamente bisogno dell'aiuto di tutti coloro che sono in grado di poter sopportare il modesto sacrificio supplementare ad essi richiesto. E se si considera, da un lato, il livello a cui già sono saliti paghe e stipendi e, dall'altro, quanto si spende oggi per un pacco di sigarette o per un posto al cinematografo, si ha l'impressione che un grande numero dei nostri Soci potrebbero senza difficoltà farsi sostenitori. Tutti, almeno, quelli che... fumano! Per questo siamo certi che il breve elenco di nomi oggi pubblicato sarà presto seguito da altri ben più nutriti, tenuto specialmente conto del fatto che all'Ufficio Centrale non si hanno ancora notizie in proposito dalla maggior parte delle sezioni lontane. Il nuovo Albo d'oro dovrebbe infatti diventare quasi un secondo elenco soci!

Richiusura automatica degli interruttori.

Lo studio attento e profondo a cui sono state sottoposte le cause delle perturbazioni di funzionamento delle linee elettriche di trasmissione di energia allo scopo di rendere sempre minori i disturbi all'esercizio, mentre ha portato ad una tecnica sempre più raffinata dei dispositivi di protezione, specialmente selettivi, ha anche messo in evidenza come molte di tali perturbazioni siano di cortissima durata e si eliminino spontaneamente in tempi assai brevi.

In tali casi la apertura dell'interruttore di linea per un tempo sensibile porterebbe a inconvenienti di esercizio sproporzionati all'entità reale della causa perturbante.

Si spiega quindi come tenda a diffondersi rapidamente la pratica della richiusura automatica istantanea degli interruttori come mezzo per evitare in molti casi la perdita del sincronismo la messa fuori servizio temporanea della linea.

Questa pratica, che presenta indubbiamente aspetti vantaggiosi, non manca tuttavia di suscitare problemi che vanno attentamente considerati per evitare di andare incontro per altra via ad inconvenienti di esercizio. L'interessamento dei tecnici a questo riguardo è dimostrato dalla copiosa letteratura che si va accumulando sull'argomento.

Uno di tali problemi viene oggi discusso dall'ing. G. DI VITO a proposito del comportamento dei motori asincroni i quali, evidentemente, nel caso di apertura e richiusura rapida di un interruttore vengono a trovarsi esposti a colpi di corrente la cui entità non può mancare di suscitare, almeno a prima vista, serie preoccupazioni.

L'analisi che l'ing. Di Vito espone lo conduce a conclusioni che tenderebbero a far ritenere non sufficientemente giustificate tali preoccupazioni, almeno per le migliori costruzioni. Comunque è bene che il problema sia stato prospettato, anche, e specialmente, se ciò dovesse dare luogo ad una discussione i cui frutti non potrebbero in ogni caso che essere utili ed opportuni.

Norme per la verifica dei complessi di misura.

Abbiamo dato notizia nel numero precedente del giornale della distribuzione di questo fascicolo di norme sperimentali.

Pubblichiamo oggi una Relazione del prof. Barbagelata, Presidente del Sottocomitato compilatore, la quale illustra le direttive seguite nella elaborazione di dette norme.

LA REDAZIONE

Biblioteca nazionale centrale di Roma

MOTORI ASINCRONI E RICHIUSURA ISTANTANEA (*)

GIOVANNI DI VITO

Prese in considerazione le effettive condizioni che si verificano in pratica quando si produce l'apertura di un interruttore di linea e la successiva richiusura, si conclude, anche con l'ausilio di rilievi sperimentali, che i colpi di corrente cui sono soggetti i motori asincroni all'atto della richiusura, sono in generale dello stesso ordine di quelli che si hanno nell'esercizio ordinario, in occasione di corti circuiti prossimi ai motori; cioè l'adozione di interruttori a richiusura istantanea non porta a sollecitazioni di origine elettrodinamica diverse da quelle che si hanno senza l'adozione di tali interruttori; e ciò tanto per i motori con rotore in corto circuito quanto per i motori con rotore avvolto.

Per le linee radiali di distribuzione, cui solitamente sono connessi i motori asincroni, si dimostra che il tempo tra apertura e richiusura può essere elevato, senza che ne derivi alcun inconveniente, almeno a 0,5 sec.

Nelle diverse appendici vengono illustrati i principi teorici, le ipotesi e gli sviluppi analitici che conducono alle varie espressioni impiegate nello svolgimento del lavoro.

1. - Lo scorso febbraio la Giunta Tecnica del Gruppo Edison indirizzava una lettera alle principali case italiane costruttrici di macchinario elettrico, richiedendone il parere sulla tollerabilità o meno delle elevate sollecitazioni elettrodinamiche che nei motori asincroni si verificano in conseguenza della richiusura immediata degli interruttori di protezione. Questa richiesta era motivata dal fatto che l'interpellante stava in quell'epoca studiando la possibilità di diffondere su più vasta scala l'uso della richiusura immediata degli interruttori installati sulle linee ad alta e media tensione del proprio gruppo; e si preoccupava della conclusione di un articolo apparso sulle colonne di questo stesso giornale [Bib. 9], la quale affermava che nei motori asincroni la corrente assorbita al ripristino della tensione poteva anche raggiungere un valore pari a 1,8 volte quella assorbita applicando la piena tensione con rotore fermo ed in corto circuito.

In effetti, finchè si tratta di motori di piccola o anche di media potenza, rimane sempre un sufficiente margine di sicurezza tra le sollecitazioni conseguenti a valori anche così elevati della corrente e quelle che i motori, per propria costituzione, sono in grado di sopportare; ma la questione assume un diverso aspetto quando si arriva a motori di potenza dell'ordine di centinaia di kW, specie se a bassa polarità, nei quali le punte di corrente sono percentualmente più elevate e le connessioni frontali degli avvolgimenti assumono notevole sviluppo.

Sebbene le vigenti Norme del C.E.I. non diano alcuna prescrizione in proposito, i buoni costruttori, indipendentemente dall'essere il rotore avvolto o in corto circuito, proporzionano gli ammarraggi degli avvolgimenti, le fondazioni e quanto altro può essere oggetto di anormali sollecitazioni di origine elettrodinamica, all'intensità massima asimmetrica che si verifica applicando la piena tensione con rotore fermo ed in corto circuito; cioè adottano per i motori asincroni lo stesso criterio generalmente adottato per le macchine sincrone. Ma con valori di corrente che raggiungono 1,8 volte l'intensità massima asimmetrica or ora definita, anche siffatto criterio di proporzionamento appare inadeguato, poichè, crescendo col quadrato della corrente, le sollecitazioni elettrodinamiche divengono 3,54 volte quelle rispetto alle quali la costruzione della macchina è stata commisurata.

Posta la questione in questi termini, alla domanda della Giunta Tecnica del Gruppo Edison non si poteva rispondere che in tono recisamente negativo, e questo fu infatti il primo impulso dello scrivente, che, come ingegnere della Ercole Marelli & C. S. p. A., si trovava a dover rispondere per conto di questa ditta. Tuttavia, l'elementare rilievo, già formulato nella lettera ricevuta, che nonostante le numerose installazioni di interruttori a richiusura immediata, molte delle quali in esercizio da molti anni, non si aveva mai avuto notizia di inconvenienti della natura di quelli paventati, indusse a meditare un po' più profondamente; e nacque in primo luogo il dubbio che la corrente si mantenesse all'atto pratico entro limiti più modesti di quelli cui accennava la conclusione menzionata. Ed invero questa deriva da alcune considerazioni che lo scrivente non si sente di condividere appieno, ed in questa nota, che vuol essere, per quanto gli è possibile, una esauriente risposta al quesito propostogli, si sforza di dare una soddisfacente dimostrazione del suo modo di vedere, iniziando col richiamare ed illustrare il fenomeno transitorio che sta alla base dell'intero problema.

Fig. 1. — Oscillogramma della corrente assorbita da un motore da 40 kW - 4 poli - durante l'avviamento stella-triangolo.

2. - In fig. 1 è rappresentato l'oscillogramma della corrente assorbita da un motore asincrono con rotore in corto circuito, avviato mediante il dispositivo di commutazione stella-triangolo, dal quale appare il fatto, generalmente noto, che la massima punta di corrente assorbita si verifica non allo spunto, cioè quando il rotore è ancora fermo e l'avvolgimento statorico è collegato a stella; bensì quando il rotore è prossimo al sincronismo e si passa dal collegamento a stella al collegamento a triangolo. Cotesta punta di corrente è dovuta al transitorio di natura elettromagnetica che accompagna la formazione del flusso che compete al nuovo collegamento. Questo transitorio è di durata assai breve, in generale inferiore a 0,1 sec, ed una volta estinto la corrente si porta al valore a vuoto o ad altro che a regime corrisponde allo scorrimento effettivo del rotore. Ovviamente lo stesso fenomeno si presenta se l'avviamento è fatto mediante autotrasformatore o se il rotore viene portato al sincronismo mediante un mezzo esterno; e non solo per i motori asincroni, ma anche per i sincroni, per i quali, anzi, sono stati studiati e brevettati vari sistemi per ridurre la punta di corrente quando si esegue il passaggio alla piena tensione [Bib. 10].

Una trattazione che abbraccia tutte le macchine a

(*) Un riassunto del presente articolo ha formato oggetto di una comunicazione tenuta presso la sezione di Milano dell'A.E.I., il 22 febbraio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

campo rotante, ed insieme abbastanza rigorosa, di questo fenomeno, fu fatta dal Rüdenberg [Bib. 2], e di essa un succoso riassunto fu eseguito dal Prof. Dina per la rubrica « Juniores » di questo giornale [Bib. 6]. Cotesta trattazione parte dalle equazioni differenziali esprimenti l'equilibrio delle tensioni negli avvolgimenti statorico e rotorico, e, attraverso uno svolgimento analitico laborioso e necessariamente arido, conduce ad espressioni della corrente molto complesse e che male si prestano per una pratica ed intuitiva interpretazione. Conseguenza inevitabile di un procedimento che si trascina dietro tutti quegli elementi, che, senza serio pregiudizio per l'esattezza dei risultati, potrebbero essere tralasciati o sostituiti da altri di più semplice rappresentazione.

Per queste ragioni si è preferito ricorrere ad una soluzione approssimata, la quale, mediante alcune ipotesi semplificative, pienamente giustificate dall'ottima approssimazione dei risultati conseguiti, porta ad espressioni della corrente assai semplici e di immediata interpretazione. Questa soluzione presenta una spiccata analogia e parecchi punti di contatto con quella spesso adoperata per lo studio del corto circuito transitorio nelle macchine sincrone, e che ricorre al teorema del flusso concatenato costante del Doherty; e si basa su un principio del quale

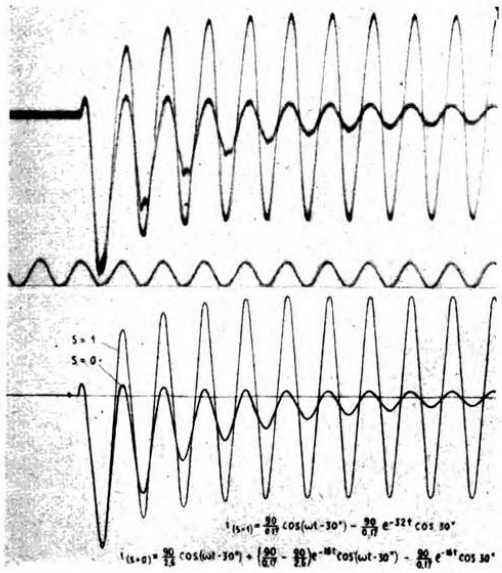


Fig. 2. — Corrente di inserzione assorbita da due motori gemelli da 88 kW - 8 poli - uno con rotore al sincronismo ($s = 0$) e l'altro con rotore fermo ($s = 1$).

In alto: curve della corrente ricavate dall'oscillografo.
In basso: curve calcolate con la (1 D) e la (3 D).

il teorema del Doherty appare come un caso particolare. Tale principio è enunciato ed illustrato nell'appendice *A* della presente nota, ed è una diretta conseguenza della seconda legge di Kirchhoff qualora si suppongano nulle le resistenze ohmiche dei circuiti considerati; la sua applicazione al caso che interessa è fatta nell'appendice *B*. Le espressioni alle quali così si perviene sono poi modificate e completate per tener conto degli effetti delle resistenze, in particolare dello smorzamento, effetti che vengono esaminati nell'appendice *C*; sicchè, nel caso più semplice di scorrimento nullo, si arriva infine alla seguente espressione finale della corrente statorica, ricavata nell'appendice *D*:

$$i_S = I_0 \cos(\omega t + \alpha) + \\ + e^{-\rho'' t}(I_{cc} - I_0)\cos(\omega t + \alpha) - e^{-\rho' t} I_{cc} \cos\alpha \quad (1\ D)$$

nella quale I_0 è la corrente a vuoto, I_{cc} la corrente permanente di corto circuito, mentre ϱ' e ϱ'' sono definiti dalle seguenti espressioni dell'appendice *C*:

$$\varrho' = \frac{R_S}{L_{cc}} = \frac{\omega R_S}{X_{cc}} \quad (7\ C)$$

$$\varrho'' = \frac{R_R}{L_{cc}} = \frac{\omega R_R}{X_{cc}} \quad (8\ C)$$

essendo R_S la resistenza dell'avvolgimento statorico, R_R quella dell'avvolgimento rotorico, e X_{cc} la reattanza di corto circuito.

Una spiegazione intuitiva dell'espressione (1 *D*) e del fenomeno fisico dal quale deriva può essere questa. In qualsiasi macchina a campo rotante, nei primi istanti che seguono l'applicazione della tensione, al flusso rotante di regime si sovrappone un flusso unidirezionale transitorio, di valore e direzione tali da annullare il flusso risultante all'istante in cui viene impressa la tensione, come appunto dev'essere, poichè il flusso nella macchina si forma gradatamente. Rispetto al flusso unidirezionale il rotore in corto circuito e al sincronismo si comporta come l'indotto di una macchina sincrona in corto circuito, e quindi esso è percorso da correnti che dànno luogo ad una f.m.m. risultante, che ruota con velocità sincrona rispetto al rotore ed è fissa rispetto allo statore. Vi è però tra i due casi questa essenziale differenza: nelle macchine sincrone le correnti indotte devono neutralizzare la f.m.m., cioè la corrente di eccitazione applicata all'induttore, e quindi assumono una intensità commisurata a questo scopo, senza determinare alcun richiamo di corrente nell'induttore stesso; nel caso in questione le correnti indotte devono neutralizzare non più una f.m.m., bensì un flusso induttore, e quindi assumendo esse quell'intensità necessaria affinchè resti nullo il flusso concatenato col rotore ed esercitando una forte azione smagnetizzante sul flusso induttore, richiamano nell'avvolgimento statorico delle correnti unidirezionali che sostengono questo flusso e non gli permettono di subire altre variazioni oltre quella corrispondente al suo proprio decremento. Cioè l'analogia non va ricercata nel corto circuito permanente delle macchine sincrone, ma piuttosto in quello transitorio. E dalla stessa analogia, come da quanto si è detto circa l'andamento e l'entità dei flussi, si deduce che le correnti di statore e di rotore, dovute al flusso unidirezionale, assumono, all'atto dell'applicazione della tensione, la stessa intensità della corrente permanente di corto circuito, e poi si estinguono insieme col flusso cui sono dovute.

Si consideri ora l'azione del flusso rotante che induce nello statore la f.e.m. che, a parte la caduta ohmica, equilibra la tensione impressa. Questo flusso, fisso rispetto al rotore, tenta di penetrare nell'avvolgimento a questo relativo, che essendo però in corto circuito si oppone ad ogni variazione di flusso con esso concatenato. Nascono quindi nell'avvolgimento rotorico delle correnti unidirezionali che adempiono a questo scopo, le quali, esercitando una forte azione smagnetizzante sul flusso rotante, richiamano nello statore delle correnti aventi la stessa frequenza della rete che sostengono questo flusso al valore corrispondente alla tensione impressa. E come già quelle dovute al flusso unidirezionale, anche le correnti dovute al flusso rotante assumono all'atto dell'inserzione la stessa intensità della corrente permanente di corto circuito; ma pur restando tale flusso costante, le correnti unidirezionali rotoriche, non essendo sostenute da alcuna tensione impressa, si estinguono, mentre le correnti statoriche si riducono alla corrente a vuoto.

L'analogia col corto circuito delle macchine sincrone, alla quale si è più volte accennato, trova una convincente

Biblioteca nazionale centrale di Roma

conferma nella perfetta corrispondenza tra l'espressione (1 *D*) e quella che rappresenta la corrente di corto circuito nelle macchine sincrone. In ambedue vi è: un termine privo di fattore esponenziale, che rappresenta la

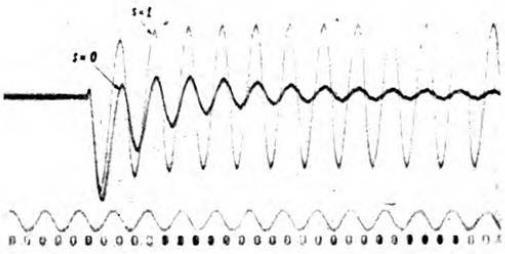


Fig. 3. — Corrente di inserzione assorbita da due motori gemelli da 170 kW - 16 poli - con rotore a doppia gabbia, l'uno dei quali con rotore al sincronismo ($s = 0$) e l'altro con rotore fermo ($s = 1$).

corrente di regime (corrente a vuoto nel caso dei motori asincroni, corrente permanente di corto circuito nel caso di macchine sincrone); un termine transitorio di frequenza fondamentale dovuto al flusso transitorio unidirezionale di rotore ed il cui decremento è proporzionale alla resistenza rotorica; un termine transitorio unidirezionale dovuto al flusso transitorio unidirezionale di statore ed il cui decremento è proporzionale alla resistenza statorica.

A proposito di questi decrementi, vi è però nei due casi una differenza alla quale è opportuno dare rilievo. Nelle macchine sincrone, e segnatamente in quelle a poli salienti, la costituzione elettrica e magnetica del rotore è molto diversa da quella dello statore; conseguentemente risultano notevolmente diversi i due decrementi, e precisamente quello del campo unidirezionale di statore è notevolmente superiore a quello del campo unidirezionale di rotore, sicchè negli oscillogrammi della corrente statorica si osserva che il termine unidirezionale si estingue assai prima che il termine a frequenza fondamentale abbia raggiunto il suo valore di regime. Nei motori asincroni invece i due decrementi sono sempre dello stesso ordine di grandezza, e spesso addirittura coincidenti.

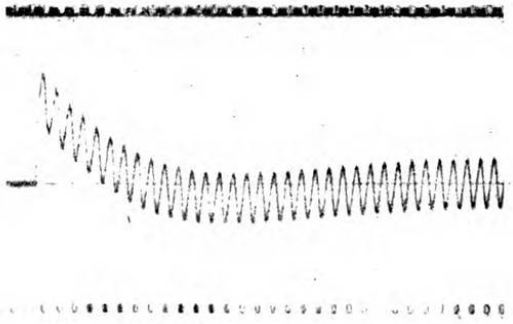


Fig. 4. — Corrente di inserzione assorbita da un motore asincrono da 40 kW - 4 poli - con rotore al sincronismo, essendo il circuito rotorico chiuso sulla resistenza di avviamento.

La ragione per cui nei motori di piccola potenza gli oscillogrammi della corrente sembrano contraddire a questa affermazione va ricercata nel fatto che, com'è più diffusamente accennato nell'appendice *C*, uno degli effetti delle resistenze è che i campi transitori di statore e di rotore non sono in effetti unidirezionali, cioè fissi rispetto ai relativi avvolgimenti; ma girano anch'essi più

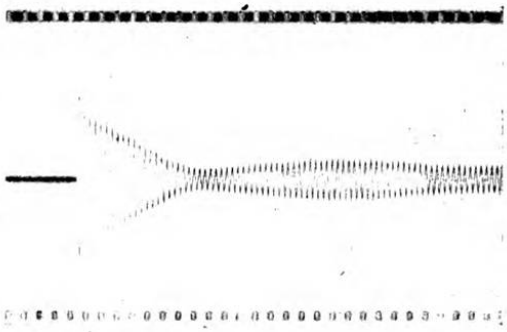


Fig. 5. — Come in fig. 4, ma con la resistenza in serie col circuito statorico.

o meno lentamente a seconda del valore più o meno percentualmente elevato delle resistenze, nel senso di diminuire la loro velocità relativa. Questo effetto, di cui l'espressione approssimata (1 *D*) non tiene conto, è notevole nei motori di piccola potenza e sensibile nei motori di media potenza (figg. 3, 4 e 5), ma scompare quasi completamente quando si arriva a potenze dell'ordine di 80÷100 kW; è quindi solo per macchine di potenza superiore a questo limite che la (1) rappresenta bene il transitorio di inserzione. Per quanto riguarda invece l'intensità massima asimmetrica, la stessa espressione fornisce valori sempre sufficientemente approssimati.

Se la velocità del rotore anzichè essere sincrona, assume un valore qualsiasi, purchè sensibilmente diverso da zero, l'espressione (1 *D*) può essere ancora ritenuta valida sostituendo alla corrente a vuoto la corrente I_1 che a regime corrisponde alla velocità effettiva del rotore, cioè:

$$\left.\begin{aligned} i_s = {} & I_1 \cos(\omega t + \alpha - \Psi_1) \\ & + e^{-\rho'' t}\,(I_{cc} - I_1) \cos(\omega_R t + \alpha + \Psi_2) \\ & - e^{-\rho' t}\, I_{cc} \cos\alpha \end{aligned}\right\} \quad (2\ D)$$

nella quale la differenza $(I_{cc} - I_1)$ dev'essere intesa in senso vettoriale, gli angoli Ψ_1 e Ψ_2 sono quelli indicati

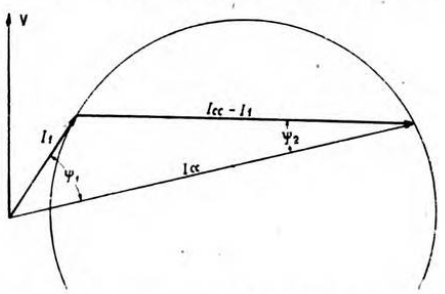


Fig. 6. — Determinazione degli angoli Ψ_1 e Ψ_2 della formula (2 *D*) dal diagramma circolare.

nella fig. 6 e ω_R è la pulsazione corrispondente alla velocità effettiva del rotore.

Nel caso invece che il rotore sia fermo, l'espressione

Biblioteca nazionale centrale di Roma

della corrente assume la forma:

$$i_s = I_{ee} \cos(\omega t + \alpha) - e^{-(\rho' + \rho'')t} I_{ee} \cos \alpha \quad (3\,D)$$

Le tre espressioni della corrente sopra riportate mostrano che l'intensità massima asimmetrica, qualunque sia la velocità del rotore, si verifica a mezzo periodo dopo l'istante dell'inserzione, e che il suo valore, a parte la leggera differenza dovuta al diverso smorzamento dei termini transitori, coincide con quella assorbita con rotore fermo.

3. - Nell'esame dianzi effettuato si è supposto che all'istante dell'inserzione nessuna corrente o flusso residui fossero ancora esistenti nella macchina, cioè che questa si trovasse, dal punto di vista elettromagnetico, in istato di assoluto riposo; ed alla stessa supposizione si riferiscono le tre espressioni della corrente sopra riportate.

Nel problema che però interessa, che è quello di esaminare il comportamento dei motori asincroni in relazione alla richiusura immediata degli interruttori di protezione, dato che questa richiusura può seguire l'apertura dopo un intervallo di appena 0,2 sec, non si può senz'altro assumere che in un tempo così breve i motori abbiano potuto portarsi allo stato elettromagnetico di riposo; è quindi necessario esaminare come si estinguono flussi e correnti nei motori dopo l'apertura, per poterne determinare le condizioni elettromagnetiche all'atto della richiusura.

A questo scopo si cominci coll'esaminare quello che accade in un singolo motore asincrono, funzionante ad un qualsiasi scorrimento, allorchè l'apertura dell'interruttore ne interrompe bruscamente l'alimentazione. Le correnti statoriche si annullano istantaneamente, e, se il motore era carico, ugualmente si annullano le corrispondenti correnti nell'avvolgimento rotorico. Ma questo, essendo in corto circuito, tende a mantenere invariato il flusso che concatenava all'istante dell'apertura, e quindi nascono in esso delle correnti unidirezionali per soddisfare tale esigenza. In altre parole, la corrente magnetizzante all'atto dell'apertura si trasferisce dallo statore al rotore, ed il flusso che prima ruotava alla velocità corrispondente alla frequenza di alimentazione (velocità sincrona), rimane ora agganciato al rotore e gira alla stessa velocità di questo. Cotesto flusso, e la relativa corrente magnetizzante, non essendo ora sostenuti da alcuna tensione impressa, si devono necessariamente estinguere, ed il loro decremento, secondo quanto risulta dall'appendice *C* (e com'è del resto evidente considerando che il caso è perfettamente analogo a quello di un semplice circuito costituito da resistenza e induttanza) è dato dalla seguente espressione:

$$\varrho''_0 = \frac{R_R}{L_R} = \frac{\omega R_R}{X_0} \quad (1)$$

dove X_0 dovrebbe, a rigore, essere la reattanza a vuoto quando si alimenta dal rotore, sebbene in effetti essa non si distingua praticamente da quella che si ha alimentando dallo statore.

Confrontando l'espressione di ϱ_0'', che può essere definito come decremento di rotore a vuoto, con quella di ϱ'', che similmente può essere definito come decremento di rotore in corto circuito, si deduce che il loro rapporto è uguale al rapporto inverso delle corrispondenti reattanze; cioè:

$$\frac{\varrho''}{\varrho''_0} = \frac{X_0}{X_{cc}} \quad (2)$$

Il valore di questi rapporti, a seconda della potenza delle macchine, e più ancora della polarità, oscilla in generale tra 10 e 20, sebbene non siano rari i casi in cui questi limiti vengono oltrepassati. Comunque, in ogni caso, il decremento a vuoto è solo una piccola frazione del decremento di corto circuito, e corrispondentemente il flusso unidirezionale di rotore, dopo l'apertura, si estingue molto più lentamente del transitorio di inserzione. Conseguentemente, all'atto della richiusura, se questa segue l'apertura dopo 0,2÷0,3 sec, il flusso unidirezionale di rotore conserva ancora gran parte del suo valore. A titolo di esempio la curva *a* della fig. 7 rappresenta ϱ_0'' in funzione della potenza nei motori asincroni a 4 poli con

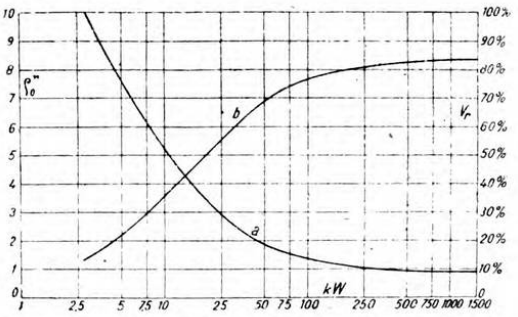


Fig. 7. — *a*) Andamento di ϱ_0'' in funzione della potenza nei motori asincroni con rotore avvolto a 4 poli della serie normale Marelli. *b*) Percentuale del flusso rotorico residuo nei motori della stessa serie dopo 0,2 sec dall'interruzione di alimentazione.

rotore avvolto, della serie normale della Marelli; mentre la curva *b* ne indica la percentuale che, dopo 0,2 sec dall'apertura, ancora permane dal flusso unidirezionale di rotore. Queste percentuali sono relative al flusso che all'istante dell'apertura è concatenato con l'avvolgimento rotorico; se si volessero invece riferire al flusso corrispondente alla tensione ai morsetti, i valori dati dalla curva *b* dovrebbero essere diminuiti, più o meno a seconda del carico, per tener conto che, per effetto della dispersione statorica, il primo flusso è sempre inferiore al secondo.

Ciò premesso, se la tensione viene ripristinata prima che il flusso agganciato al rotore abbia avuto il tempo di estinguersi, quello che si verifica si intende immediatamente se si considera che in tal caso il motore asincrono non differisce sostanzialmente da una comune macchina sincrona con induttore eccitato da corrente continua; ed infatti la corrente unidirezionale nel rotore può essere anch'essa considerata come una corrente continua, decrescente anzichè costante. E come nelle macchine sincrone, anche nei motori asincroni l'intensità massima asimmetrica corrisponde non già alla tensione impressa, ma alla risultante di questa con la tensione indotta dal flusso rotorico (considerato alla velocità sincrona e non a quella effettiva). Le due tensioni componenti, che erano in fase o quasi all'istante dell'apertura, conserverebbero ovviamente la stessa posizione reciproca se la velocità del rotore fosse sincrona, ma questa velocità, già inizialmente inferiore a quella sincrona per effetto dello scorrimento, diminuisce ulteriormente durante il tempo di mancata alimentazione, tanto più quanto più elevato è il rapporto tra la coppia resistente sull'albero ed il momento di inerzia del complesso rotante. Conseguentemente all'atto della richiusura le due tensioni componenti possono trovarsi a formare tra loro qualsiasi angolo compreso tra 0° e 360°, e la tensione risultante può assumere qualsiasi valore compreso tra la somma aritmetica della tensione di linea con la tensione indotta del flusso residuo di rotore, e la loro differenza.

Ne deriva quindi che nel caso del singolo motore, del quale si interrompe l'alimentazione, se la piena tensione è ripristinata dopo 0,2 sec, la possibilità di punte di correnti fino a 1,8 volte l'intensità massima asimmetrica assorbita con rotore fermo, tenuto conto dei vari smorzamenti, appare confermata abbastanza bene.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

4. - Questa conclusione, valevole per il singolo motore, non si può però estendere al caso pratico che interessa, nel quale si hanno molti motori delle più svariate caratteristiche, spesso in parallelo con carichi inerti, e, ciò che più importa, *funzionanti nelle condizioni accidentali* che hanno provocato l'apertura dell'interruttore di protezione e che ovviamente non cessano di colpo dopo questa.

In effetti, all'apertura dell'interruttore, i flussi che restano agganciati ai rotori dei vari motori sono press'a poco tutti in fase tra loro, poichè le forze elettromotrici da essi indotte devono tutte essere pressochè in fase con la tensione della linea di alimentazione. Il caso non differisce sostanzialmente da quello di più macchine sincrone in parallelo e come in queste i flussi rotorici tendono a rimanere in fase ed i rotori a girare al sincronismo; la qual cosa avverrebbe automaticamente e senza alcuno scambio di energia tra i vari motori se questi fossero tutti perfettamente identici e funzionanti nelle stesse identiche condizioni. Ma una siffatta situazione, a parte il fatto che non potrebbe avere valore generale, è chiaramente troppo improbabile per poter essere comunque presa in considerazione; poichè, se anche talvolta accade di vedere in qualche impianto una certa uniformità di motori, bisognerebbe poi che questi azionassero le stesse macchine e che al momento dell'apertura dell'interruttore fossero tutti allo stesso carico. Pertanto, se si vuol restare aderenti alla realtà e trarre delle conclusioni che abbiano valore concreto, è necessario presupporre di avere a che fare con una grande varietà di motori e di macchine da questi comandate, alle più svariate condizioni di carico; si vede allora dalle considerazioni che seguono come la corrente di circolazione (corrente sincronizzante) che si stabilisce tra i vari motori affinchè restino in sicronismo, assuma in generale valori cospicui.

Se a valle dell'interruttore vi fosse un solo motore, indicandone con C il valore istantaneo della coppia resistente sull'albero, e con J il momento di inerzia del relativo complesso rotante, la variazione della velocità angolare Ω dopo l'apertura dell'interruttore è definita dalla nota relazione:

$$-C = J \frac{d\Omega}{dt} \tag{3}$$

cioè il rotore resta soggetto ad una decelerazione angolare il cui valore istantaneo è:

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{C}{J} \tag{4}$$

Venendo ora al caso concreto in cui a valle dell'interruttore a richiusura immediata vi sono, come si è detto, sempre molti motori di diverse caratteristiche, la marcia sincrona che, nonostante il diverso valore della decelerazione angolare elettrica dei singoli motori, si verifica immediatamente dopo l'apertura dell'interruttore, può essere pensata come dovuta ad un albero ideale che, mediante opportuni ingranaggi, collega i rotori di tutti i motori impedendone ogni scorrimento relativo. Il valore istantaneo della decelerazione angolare cui resta soggetto l'albero ideale si ricava considerando che su di esso agisce una coppia risultante uguale alla somma delle coppie resistenti trasmesse dai singoli motori, e che similmente il momento di inerzia risultante ad esso relativo è uguale alla somma dei momenti d'inerzia dei complessi pertinenti ai singoli motori. Se, per fissare le idee, il rapporto degli ingranaggi è uguale al numero dei campi polari dei rispettivi motori, analiticamente ciò si traduce nell'espressione:

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{\Sigma C'}{\Sigma J'} \tag{5}$$

in cui per un generico motore avente p campi polari si è posto:

$$C' = \frac{C}{p} \qquad J' = \frac{J}{p^2} \tag{6}$$

La (5) mostra che tutti i motori, indipendentemente da quello che può essere la decelerazione angolare che loro compete in base alla coppia resistente sul proprio albero e al momento di inerzia del proprio complesso rotante, si trovano sottoposti ad una effettiva decelerazione angolare uguale per tutti i motori a $\Sigma C'/\Sigma J'$; ed è appunto la differenza tra questa e quella propria che determina la circolazione della corrente sincronizzante tra i vari motori. Così per un generico motore tale differenza risulta:

$$\frac{\Sigma C'}{\Sigma J'} - \frac{C'}{J'}$$

cui corrisponde una coppia sincronizzante:

$$C_s' = J' \left(\frac{\Sigma C'}{\Sigma J'} - \frac{C'}{J'} \right) \tag{7}$$

e la corrente sincronizzante, o più esattamente la componente attiva di essa, sta alla componente attiva della corrente nominale, come la coppia sincronizzante sta alla coppia nominale.

Quello che in generale rende notevole il valore della coppia sincronizzante e della relativa corrente di circolazione è questo: se la coppia resistente si considera uguale alla coppia nominale ed il momento di inerzia del complesso rotante uguale a quello del rotore del motore, si osserva che la conseguente decelerazione angolare varia entro limiti molto ampi a seconda della potenza del motore. Per esempio, la curva *a* della fig. 8 rappresenta il valore della decelerazione angolare elettrica in funzione

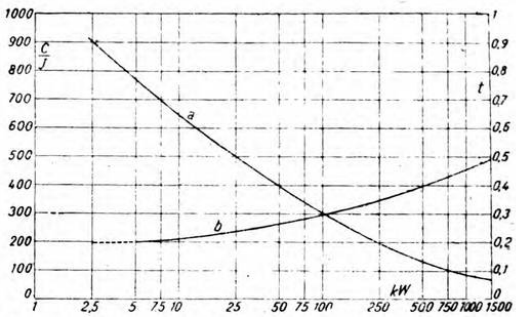


Fig. 8. — *a*) Andamento della decelerazione angolare in funzione della potenza nei motori della stessa serie di fig. 1. *b*) Tempo necessario per raggiungere lo scorrimento critico.

della potenza per la stessa serie di motori cui si riferisce la fig. 7; dalla quale curva risulta una gamma delle variazioni da 1 a 12 per le potenze considerate. Si potrebbe obiettare che nella pratica realtà, per effetto del momento di inerzia delle macchine accoppiate, dell'effettiva coppia resistente sull'albero all'atto dell'apertura e delle variazioni di questa coppia che in molte applicazioni si verificano durante l'intervallo tra apertura e richiusura, la gamma delle variazioni può restringersi; ma per le stesse ragioni si deve ammettere che può anche estendersi maggiormente: anzi il calcolo delle probabilità mostra che proprio quest'ultima eventualità è la più probabile. Se ne deve quindi concludere che, in generale, le

Biblioteca nazionale centrale di Roma

correnti di circolazione dovute al diverso valore della decelerazione angolare e delle quali l'estensione della gamma di variazioni della stessa decelerazione costituisce una misura, sono certamente notevoli.

Bisogna poi notare che lo scorrimento, in generale diverso da motore a motore all'istante dell'apertura, tende ad assumere lo stesso valore allorchè i motori si mettono in sincronismo. Da questo fatto deriva una variazione dell'energia cinetica relativa ai singoli motori, la quale, qualora si prescinda dalla decelerazione, resta determinata dalla condizione che la somma dell'energia cinetica estesa a tutti i motori deve rimanere invariata prima e dopo l'attuarsi del sincronismo; cioè analiticamente risulta per un singolo motore:

$$\Delta W = \tfrac{1}{2} J' (\omega^2 - \omega^2_m) \qquad (8)$$

nella quale ω_m è definita dalla relazione di invarianza dell'energia cinetica:

$$\Sigma \tfrac{1}{2} J' \omega^2 = \omega^2_m \Sigma \tfrac{1}{2} J' \qquad (9)$$

Coteste variazioni dell'energia cinetica dei singoli motori, che più propriamente si possono chiamare compensazioni, avvengono anch'esse mediante correnti di circolazione, che però, come mostrano i calcoli, risultano in generale assai modeste.

Alle correnti di circolazione dianzi considerate, si aggiungono poi le correnti richiamate dai carichi inerti che in misura più o meno rilevante si trovano sempre in parallelo ai motori, a valle dell'interruttore. ***Ma soprattutto vi è la corrente richiamata da quello stesso guasto, senza del quale l'apertura non sarebbe avvenuta, e che, per questa stessa ragione, deve necessariamente raggiungere un'intensità eccezionalmente elevata.*** E tale guasto, che certamente non scompare finchè continua ad essere alimentato dalla tensione residua, ha una sua propria impedenza, sebbene di valore incerto e variabile, alla quale può essere assimilato, e che, come quella degli altri carichi inerti, va considerata in parallelo ai motori.

Da tutto quanto precede, si può quindi trarre questa interessante conclusione: dopo l'apertura dell'interruttore, la corrente nello statore dei motori asincroni a valle dell'interruttore stesso non si annulla; ma anzi, e per effetto della diversa decelerazione angolare pertinente ai singoli motori, e per le correnti richiamate dai carichi inerti e sopratutto dal guasto che ha provocato l'apertura dell'interruttore, assume in generale un valore notevolmente elevato.

5. - L'importanza di questa corrente statorica che ci si è preoccupati di mettere in evidenza consiste in questo: quanto più elevato è il suo valore tanto più rapida è l'estinzione dei flussi residui dopo l'apertura dell'interruttore. Infatti, per mantenere invariato il flusso concatenato con l'avvolgimento rotorico, la relativa f.m.m. deve ora aumentare per neutralizzare la f.m.m. di statore; cioè alla corrente rotorica (corrente a vuoto) che dopo l'apertura si sarebbe avuta con corrente statorica nulla, si somma vettorialmente la corrente di statore. Diminuisce quindi il rapporto tra flusso e corrente di rotore, ossia diminuisce l'induttanza equivalente di rotore, che è precisamente quella che compare al denominatore dell'espressione del decremento del flusso transitorio di rotore. Conseguentemente questo decremento non potrà più essere quello a vuoto; ma poichè rispetto ad ogni singolo motore il complesso degli altri motori con diversa decelerazione angolare, dei carichi inerti e del guasto costituisce una impedenza assai bassa, esso tende piuttosto ad avvicinarsi al decremento di corto circuito, rispetto al primo da 10 o 20 volte superiore. E poichè mentre il flusso residuo diminuisce, le coppie sincronizzanti in generale rimangono pressochè invariate, ne segue un aumento della corrente di circolazione con conseguente aumento del decremento e più rapida diminuzione del flusso; finchè, iniziando dal motore per il quale la coppia sincronizzante risulta percentualmente più elevata, l'aumento di corrente non è più in grado di compensare la diminuzione del flusso, cioè la corrente aumenta oltre il valore corrispondente alla coppia massima, ed il motore perde il passo e si comporta come se fosse in corto circuito. E con successione sempre più rapida lo stesso fanno tutti gli altri motori. Ossia, se anche all'istante dell'apertura il decremento del flusso residuo nei vari motori era alquanto inferiore al decremento di corto circuito, dopo qualche istante esso viene praticamente a coincidere con quest'ultimo.

In effetti il processo è reso alquanto più complesso dal flusso transitorio di statore, anch'esso presente in misura più o meno rilevante; tuttavia l'essenza ne rimane quella descritta. E poichè si tratta di un seguirsi di fenomeni che si autoesaltano, l'aumento dei vari decrementi fino al valore di corto circuito avviene in pratica in un tempo assai breve, in generale inferiore a quello che di solito intercorre tra apertura e richiusura. Siccome d'altronde il transitorio di corto circuito, secondo quanto risulta dai calcoli e dagli oscillogrammi eseguiti, si estende appena a qualche periodo, è da ritenere che all'atto della reinserzione ogni flusso residuo sia praticamente estinto.

Queste considerazioni sono risultate convalidate da una serie di rilievi sperimentali eseguiti presso la Ercole Marelli & C. S. p. A., studiati e realizzati in modo da simulare il più possibile le effettive condizioni che si verificano in un impianto reale dopo l'apertura dell'interruttore di protezione della linea di alimentazione. Vengono qui descritte in particolare le prove eseguite su due gruppi convertitori, di costruzione Marelli, ciascuno costituito da un motore asincrono con rotore avvolto da 40 kW; 420 V; 42 Hz; 4 poli; accoppiato ad una dinamo da 35 kW; 220 V. La fig. 9 rappresenta l'oscillogramma della tensione ai morsetti e la corrente assorbita dai due motori, con le relative dinamo a vuoto e completamente diseccitate, prima e dopo l'apertura dell'interruttore di protezione. Risulta che dopo 0,2 sec dall'apertura la tensione ai morsetti si è ridotta al 68 %, e circa lo stesso si può dire del flusso di rotore rispetto al flusso corrispondente alla tensione ai morsetti. Infatti il valore del decremento a vuoto ricavato dall'oscillogramma è venuto praticamente a coincidere con quello calcolato con la (1). Si è poi messa al suo carico nominale una delle due dinamo, mentre l'altro gruppo rimaneva a vuoto come prima. Secondo la (7) la coppia sincronizzante che si trasmette dall'uno all'altro motore dopo l'apertura deve risultare uguale alla metà della coppia sviluppata dal motore a carico, ciò che appare abbastanza ben confermato dall'oscillogramma delle correnti (fig. 10). Le quali, subito dopo l'apertura, sono correnti attive, ed a questo riguardo

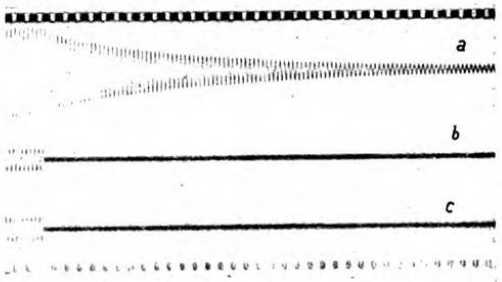


Fig. 9. — Oscillogramma della tensione ai morsetti e della corrente assorbita da 2 motori gemelli da 40 kW, 4 poli, prima e dopo l'interruzione dell'alimentazione: entrambi i motori a vuoto.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

è interessante osservare il relativo spostamento di fase che si verifica all'atto dell'apertura. Specialmente in quella del motore a vuoto si distingue chiaramente lo spostamento di circa 90°, dovuto al fatto che la corrente, da magnetizzante che era, diventa, come si è detto, corrente attiva. Si osservi anche il graduale aumento della corrente man mano che decresce la tensione ai morsetti, finchè raggiunto un massimo diminuisce poi rapidamente. Dagli oscillogrammi della stessa figura appare che tensione e correnti si estinguono completamente dopo circa 0,6 sec dopo l'apertura; mentre con entrambi i motori a vuoto la tensione residua dopo lo stesso tempo conserva ancora il 43 % del valore della tensione di alimentazione.

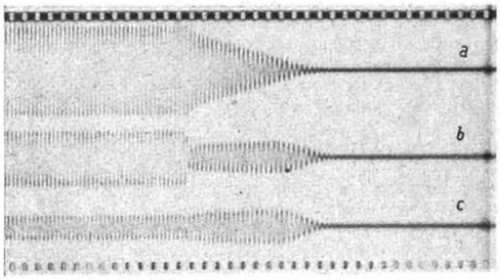


Fig. 10. — Prova come in fig. 9 ma con un motore a carico e vuoto.
a) Tensione ai morsetti.
b) Corrente del motore a carico.
c) Corrente del motore a vuoto.

Per simulare l'effetto del guasto si è infine collegata in parallelo con i motori una resistenza, e poichè nella grande maggioranza gli incidenti avvengono sempre tra due fasi e solo raramente interessano tutte e tre le fasi, si è scelto una resistenza monofase di valore tale da assorbire una corrente pari a 2,5 volte la somma delle correnti nominali dei due motori, ritenendo che tale valore non sia in generale inferiore all'impedenza del guasto che determina lo scatto dell'interruttore. Dagli oscillogrammi relativi riprodotti in fig. 11, risulta che tensioni e corrente sono praticamente estinte dopo poco più di 0,2 sec.

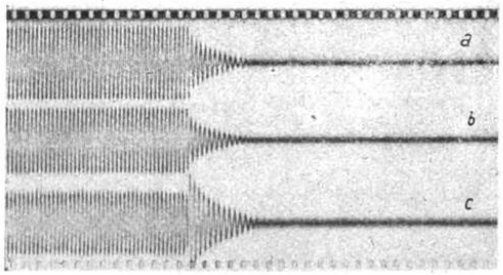


Fig. 11. — Prova come in fig. 10 ma con in più una resistenza monofase in parallelo.
a) Tensione tra due conduttori di linea.
b) Tensione tra i due conduttori ai quali è collegata la resistenza monofase.
c) Corrente di una delle due fasi del motore a carico alle quali è collegato un estremo della resistenza monofase.

Nonostante l'indubbia plausibilità delle considerazioni svolte e la conferma dei rilievi sperimentali, si prova tuttavia un certo ritegno ad estendere in generale la precedente conclusione, cioè che all'atto della reinserzione sia praticamente estinto ogni flusso residuo nei motori. Ed invero essa premette certi valori delle coppie sincronizzanti e dell'impedenza del guasto, valori che appaiono bensì molto probabili, ma che alla predetta conclusione non possono conferire altro carattere che quello di essere anch'essa molto probabile.

Del suo valore generale si ha però questa indiretta conferma. Nel caso dell'interconnessione tra più centrali generatrici, o tra queste e ricevitrici provviste di condensatori sincroni, oppure nelle linee ad anello, gli interruttori di protezione a richiusura immediata devono completamente isolare per un certo tempo il tratto di linea sul quale si è verificato l'inconveniente, che altrimenti la presenza della tensione in uno dei due estremi continua ad alimentarne l'arco relativo, e questo non potrebbe spegnersi. Nelle linee radiali, nelle quali i motori sincroni o altri dispositivi capaci di mantenere la tensione di linea dopo l'apertura dell'interruttore rappresentano una potenza trascurabile di fronte alla totale potenza installata, l'esperienza mostra che è sufficiente l'apertura dell'unico interruttore di alimentazione per determinare lo spegnimento dell'arco. E poichè le statistiche mostrano che oltre l'80 % dei guasti si trovano eliminati all'atto della richiusura, e che la percentuale restante è piuttosto da attribuire al carattere permanente del guasto, se ne deve dedurre che durante l'intervallo che intercorre tra apertura e richiusura la tensione residua dev'essere discesa a valori così bassi da consentire l'estinzione dell'arco. Sembra difficile poter dare in generale qualche indicazione, anche di massima, circa la percentuale della tensione di linea al disotto della quale debba scendere la tensione residua affinchè l'arco possa spegnersi; è però fuor di dubbio che si è ben lontani da quell'80 % cui possono corrispondere punte di corrente pari a 1,8 volte l'intensità di massima asimmetrica assorbita con rotore fermo ed in corto circuito.

Pertanto le precedenti considerazioni sulle correnti statoriche dopo l'apertura dell'interruttore ed il corrispondente effetto sui decrementi e sulla rapida estinzione dei flussi residui, nonchè i relativi rilievi sperimentali, più che avere la pretesa di dimostrare l'esiguità dei flussi residui all'atto della reinserzione, sono piuttosto da interpretare come una giustificazione del perchè ciò avvenga; e viste sotto questa luce perdono quel carattere probabilistico che prima avevano, mentre quella che ne era la conclusione appare ora come un dato di fatto da cui le deriva quel carattere generale che prima si aveva ritegno di conferirle.

6. - Si può quindi ritenere che all'atto della richiusura le sollecitazioni elettrodinamiche cui vengono sottoposti i motori asincroni non sian gran che diverse da quelle che si hanno applicando la piena tensione con rotore fermo e cortocircuitato. Come si è detto in principio, è appunto a queste sollecitazioni che i buoni costruttori proporzionano la resistenza meccanica delle parti sollecitate; ma poichè si tratta di una regola non generalmente seguita, nè codificata dalle Norme, conviene porre la questione sotto un diverso punto di vista, ed esaminare se tali sollecitazioni si presentino già nell'ordinario esercizio dei motori asincroni o se invece siano una prerogativa della richiusura immediata.

Per i motori con rotore a gabbia avviati mediante attacco diretto alla rete, è chiaro che tali sollecitazioni si ripresentano ad ogni avviamento. La situazione migliora alquanto, ma non troppo, se per l'avviamento si ricorre ad appositi sistemi, che poi in pratica si riducono all'inseritore stella-triangolo e all'autotrasformatore; infatti, in entrambi i casi il flusso di avviamento è solo una frazione del flusso di marcia, e durante il tempo di passaggio da uno all'altro, per le ragioni già diffusamente esposte, esso diminuisce in valore e ritarda di fase, per modo che il flusso risultante all'atto del passaggio al collegamento di marcia risulta sempre superiore alla differenza

Biblioteca nazionale centrale di Roma

aritmetica tra il flusso di marcia e quello di avviamento, e sovente tende piuttosto ad approssimarsi al primo. Nei motori con rotore avvolto, il fatto che la corrente di avviamento si può limitare al valore strettamente necessario per ottenere la coppia di spunto richiesta, ha indotto taluni ad affermare che in essi non possono mai verificarsi punte di corrente paragonabili a quelle che si hanno applicando la piena tensione con rotore fermo e cortocircuitato; cosicchè l'adozione degli interruttori a richiusura immediata sottoporrebbe questa categoria di motori asincroni a sollecitazioni mai prima raggiunte; opinione questa che si trova condivisa anche nella nota menzionata in principio [Bib. 9].

Nulla di più inesatto. Poichè qualunque corto circuito avvenga in prossimità di un motore asincrono sottopone questo a correnti e quindi a sollecitazioni dello stesso ordine di grandezza di quelle che si hanno applicando la piena tensione di linea con rotore fermo e cortocircuitato. Anzi, come si dimostra nell'appendice *F*, nel caso che il corto circuito avvenga quando il motore è a vuoto, si ha la seguente espressione della corrente statorica:

$$i_s = e^{-p' t} I_{cc} \cos \alpha - e^{-p'' t} (I_{cc} - I_0) \cos (\omega t - \alpha) \quad (3\,F)$$

la quale differisce dalla (1 *D*) relativa alla corrente transitoria d'inserzione con rotore cortocircuitato ed al sincronismo solo per il fatto che in essa non compare il termine che rappresenta la corrente a vuoto (corrente di regime). Cioè la differenza tra le intensità massime asimmetriche relative ai due casi risulta in generale inferiore al 5 %, e questa conclusione è confermata dai rilievi sperimentali eseguiti (fig. 12).

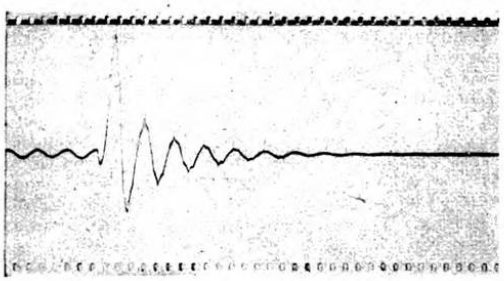


Fig. 12. — Corrente in un motore asincrono da 40 kW, 4 poli, a vuoto, prima e dopo un corto circuito trifase sulla linea di alimentazione.

La (3 *F*) presuppone un corto circuito polifase, cioè nel caso di un motore trifase il corto circuito dovrebbe involvere tutt'e tre le fasi. Però anche nel caso di gran lunga più probabile di corto circuito tra due fasi, l'intensità massima asimmetrica raggiunge un valore pari a 0,866 quello che si ha in corto circuito trifase. Certamente queste correnti si hanno solo in condizioni accidentali, ma è sempre con queste che bisogna fare i conti nell'esercizio ordinario. Del resto nelle macchine sincrone è pratica normale considerare come sollecitazioni massime quelle conseguenti alle correnti transitorie di corto circuito.

Si può quindi addivenire alla seguente conclusione finale. Durante il tempo che usualmente intercorre tra l'apertura e la richiusura degli interruttori di protezione a richiusura immediata, i flussi residui nei motori asincroni si riducono ad un valore praticamente trascurabile, e quindi le punte massime di corrente che si verificano all'atto della reinserzione non differiscono sensibilmente da quelle che, qualunque sia la velocità del rotore, si hanno applicando la piena tensione con rotore cortocircuitato. Anzi, se si considera che all'atto della richiusura le punte di corrente si presentano contemporaneamente su tutti i motori, le forti cadute di tensione che inevitabilmente le accompagnano ne causano certamente una sensibile diminuzione. Poichè punte di corrente dello stesso ordine di grandezza si hanno in occasione di corti circuiti in prossimità dei motori, ne deriva che le sollecitazioni elettrodinamiche che si possono avere in seguito all'adozione di interruttori a richiusura immediata, salvo casi che appaiono estremamente improbabili, non sono superiori alle massime alle quali i motori asincroni si possono trovare sottoposti anche senza l'adozione di tale tipo di interruttore.

7. - La precedente affermazione che all'atto del ripristino sia praticamente estinto ogni flusso residuo nei motori asincroni corrisponderà tanto più al vero quanto maggiore è il tempo che intercorre tra apertura e richiusura. A proposito del quale, nel fissare i criteri per stabilirne i valori più opportuni, tutta la letteratura tecnica apparsa sembra restringersi al caso dell'interconnessione, in cui tale tempo appare come un compromesso tra la necessità di consentire lo spegnimento dell'arco col quale si manifesta l'incidente e quella di mantenere il parallelo tra le parti della rete momentaneamente separate; e così si è discesi fino a quel tempo di 0,2 sec al quale si è precedentemente più volte accennato. Non sembra invece che sia stato considerato nella sua peculiarità il caso delle linee radiali il cui carico è costituito in misura più o meno rilevante da motori asincroni; cioè non ci si è preoccupati di vedere se per queste linee vi siano altri e diversi fattori da prendere in considerazione.

In effetti anche per queste linee il tempo minimo tra apertura e richiusura resta sempre determinato dalla necessità di assicurare l'estinzione dell'arco; ma pur non essendovi nessuna condizione da soddisfare nei riguardi del parallelo, vi è qualcosa che ne viene ugualmente a limitare il tempo massimo. Questa qualcosa è dovuta al caratteristico andamento della curva coppia-scorrimento dei motori asincroni (fig. 13) ed è necessario che durante il tempo di mancata alimentazione lo scorrimento del motore non aumenti oltre quel valore (s_2 nella fig. 13), al disopra del quale la coppia sviluppata del motore diventa inferiore alla coppia resistente, poichè allora si avrebbe che al ripristino della tensione il motore, anzichè

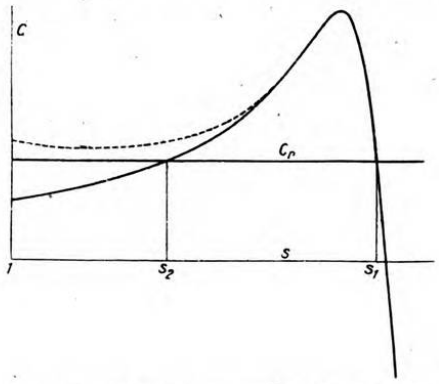


Fig. 13. — Andamento della curva coppia-scorrimento in un generico motore asincrono.
Linea continua: prescindendo dall'effetto delle correnti parassite nei conduttori di rotore.
Linea tratteggiata: tenendo conto di tale effetto.

riprendere la sua normale velocità, finisce col fermarsi del tutto assorbendo la piena corrente di corto circuito.

Se la coppia resistente resta costante al variare della velocità, il tempo che impiega il motore a raggiungere il

Biblioteca nazionale centrale di Roma

valore critico dello scorrimento dianzi definito, si lascia calcolare mediante la seguente espressione ricavata nell'appendice *G*:

$$t = \frac{\Omega_0^2 J R_R}{P_R^2 (R_s^2 + X_{cc}^2)} \sqrt{9 V^4 - 12 R_s P_R V^2 - 4 P_R^2 X_{cc}^2} \quad (5\,G)$$

nella quale

$$P_R = \Omega_0 C$$

essendo Ω_0 la velocità angolare sincrona.

Da tale espressione risulta che il tempo in questione dipende, oltre che dalle caratteristiche del motore, dalla coppia resistente sull'albero e dal momento di inerzia del complesso rotante. Sebbene questa complicata dipendenza renda assai arduo il dare qualche indicazione di carattere generale sul tempo massimo che si può lasciare tra apertura e richiusura, vale tuttavia la pena di esaminare quale valore fornisca la (5 *G*) nel caso particolare che la coppia resistente si mantenga uguale alla coppia nominale del motore e che il momento d'inerzia delle parti accoppiate sia interamente trascurabile per modo che entri in considerazione solo quello del motore. Il risultato dei calcoli condotti per la stessa serie di motori cui si riferisce la fig. 7 è rappresentato dalla curva *b* della fig. 8, la quale mostra che il tempo necessario per raggiungere lo scorrimento critico risulta di 0,2 sec per i motori più piccoli, e aumenta gradatamente fino a 0,5 sec quando si arriva a 1500 kW. La curva è stata tratteggiata al disotto di 5 kW per indicare che nei motori di potenza inferiore a questo valore anche col rotore fermo la coppia sviluppata risulta già superiore alla coppia nominale, e quindi resta per essi escluso in ogni caso il pericolo che al ripristino della tensione il motore non riesca a riportarsi alla sua normale velocità.

Se anzichè considerare le potenze si considerano le coppie, cotesta curva può ritenersi grosso modo valevole anche per motori di diversa polarità, e l'interesse che essa presenta è dovuto al fatto che i tempi da essa rappresentati possono essere considerati come minimi tra i tempi massimi, e ciò per le seguenti ragioni.

In primo luogo il momento di inerzia delle parti rotanti accoppiate al motore non è mai nullo, e spesso assume valori notevoli. Inoltre la coppia resistente sull'albero all'istante dell'apertura risulta sempre inferiore alla coppia nominale, se non altro perchè la potenza dei motori si sceglie in generale alquanto esuberante rispetto a quella strettamente occorrente. D'altra parte, sebbene non siano rari i casi in cui la coppia resistente aumenti col diminuire della velocità, specialmente quando questa si approssima a zero, in molte applicazioni (azionamento di ventilatori, pompe centrifughe, ecc.) la coppia diminuisce col diminuire della velocità.

Si noti infine che i calcoli dai quali è stata dedotta la curva in questione sono stati eseguiti assumendo per la resistenza rotorica il valore misurato con corrente continua, cioè quello che presuppone una distribuzione uniforme della corrente nei conduttori dell'avvolgimento rotorico. In generale nello stabilire le dimensioni di questi conduttori non ci si preoccupa affatto di dare ad essa una sezione adatta per ridurre gli effetti delle correnti parassite, poichè in condizioni di normale funzionamento la frequenza della corrente che li percorre è così bassa da rendere questi effetti in ogni caso completamente trascurabili; e quindi in condizioni di normale funzionamento la resistenza effettiva dell'avvolgimento rotorico non differisce sensibilmente da quella misurata con corrente continua. Diversamente accade però con rotore fermo od a velocità molto basse; ed è un fatto ben noto che nella prova di corto circuito con rotore fermo o pressochè fermo, si riscontri una resistenza effettiva dell'avvolgimento rotorico notevolmente più elevata di quella misurata con corrente continua; e la stessa cosa avviene in sostanza per i motori a gabbia. Cioè tutti i motori asincroni si comportano in misura più o meno sensibile come i motori a doppia gabbia, e l'effettiva caratteristica coppia-scorrimento, man mano che ci si avvicina allo scorrimento 1, si alza sempre più rispetto a quello ottenuto introducendo per la resistenza rotorica il valore misurato con corrente continua; nella figura 13 la parte tratteggiata rappresenta appunto come si modifica la caratteristica coppia-scorrimento effettiva rispetto a quella teorica calcolata ponendo per la resistenza rotorica il valore misurato con corrente continua.

Tutto questo porta a concludere che i tempi effettivamente occorrenti affinchè i motori raggiungano lo scorrimento critico, sono sensibilmente superiori a quelli che appaiono dalla curva *b* della fig. 8, e la differenza si fa specialmente sentire per i motori di piccola potenza, per i quali la variazione di velocità è più forte a causa del maggior valore della decelerazione angolare C/J. Si può obiettare che nei primi istanti che segue l'apertura dell'interruttore alla coppia resistente si aggiunge anche quella dovuta alla mi^2 di rotore, ma questo effetto è più o meno compensato dalla marcia sincrona che si verifica negli stessi istanti e che ha la proprietà di distribuire equamente su tutti i motori l'energia cinetica immagazzinata. Poco aiuto è invece da sperare dalla coppia transitoria di inserzione, la quale, avendo carattere oscillatorio, non produce sensibile aumento della coppia media effettiva [Bib. 8].

Comunque, tenuto conto dei valori dati dalla curva in questione e delle osservazioni avanzate, si può affermare con sicurezza che in generale i motori asincroni possono sopportare una interruzione dell'alimentazione di almeno 0,5 sec prima di raggiungere lo scorrimento critico, e quindi questo tempo appare come il più indicato da assegnare all'intervallo tra apertura e richiusura degli interruttori di protezione delle linee radiali. Si tratta di un tempo circa doppio di quello generalmente adottato per gli interruttori delle linee di interconnessione, e lascia quindi maggior margine per l'estinzione dell'arco e del flusso residuo nelle macchine. Che se anche nel frattempo qualche motore in condizioni precarie dovesse raggiungere lo scorrimento critico, si tratterà sempre di qualche caso isolato che non pregiudica la continuità del servizio, e nessun danno può derivarne allo stesso motore se esso è munito di adeguate protezioni che provvedono a staccarlo automaticamente dalla rete.

L'Autore esprime i suoi ringraziamenti al Prof. Sartori del Politecnico di Milano per gli utili suggerimenti relativi all'appendice « *A* »; all'Ing. Vallillo della Ercole Marelli, per l'esecuzione delle prove e degli oscillogrammi; all'ing. Signorile della Ercole Marelli per il calcolo e la raccolta dei dati relativi ai motori di serie; ed al Sig. Pangherz, anche della Ercole Marelli, per l'allestimento delle figure.

Milano-Sesto S. Giovanni, 11 dicembre 1944.

APPENDICE *A*

METODO SEMPLIFICATO PER LO STUDIO DI ALCUNI FENOMENI TRANSITORI DELLE MACCHINE ELETTRICHE

Premesso che nelle macchine elettriche le capacità, inevitabilmente presenti tra gli avvolgimenti e tra gli avvolgimenti e massa, assumono valori tali da non influire minimamente su tutti quei fenomeni transitori di durata relativamente lunga come quelli d'inserzione o susseguenti a corto circuito, brusche variazioni di carico o di tensione, ecc., nelle considerazioni che seguono, e che precisamente si propongono di individuare un metodo semplice per lo studio di tali fenomeni, si suppone che

Biblioteca nazionale centrale di Roma

le capacità non siano presenti nei circuiti elettrici cui ci si riferisce.

Si abbia un generico circuito elettrico, come quello rappresentato in fig. (1 *A*), alimentato dalla tensione v, il quale sia elettricamente e magneticamente accoppiato con altri circuiti percorsi da corrente variabile. Per maggiore generalità si supponga che i circuiti magneticamente accoppiati siano in moto rispetto al circuito considerato, per modo che i coefficienti di mutua induzione M non siano costanti, ma funzioni variabili del tempo. Questo potrebbe verificarsi anche per altri motivi, per esempio per effetto della saturazione, poichè allora i coefficienti di mutua, ed anche quelli di autoinduzione, risultano funzione della corrente e quindi del tempo.

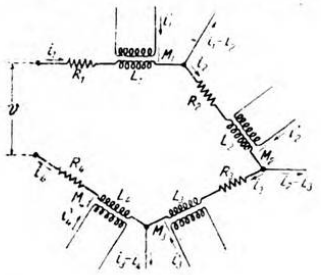


Fig. 1 *A*.

Dalla seconda legge di Kirchhoff applicata a tale circuito si deduce la seguente espressione:

$$v = R_1 i_1 + R_2 i_2 + R_3 i_3 - R_4 i_4 + \\ + \frac{d}{dt}(L_1 i_1 + L_2 i_2 - L_3 i_3 + L_4 i_4) - \\ + \frac{d}{dt}(M_1 i_1' + M_2 i_2' + M_3 i_3' - M_4 i_4')$$

ovvero più compendiosamente:

$$v = \Sigma R i + \frac{d}{dt}\Sigma L i + \frac{d}{dt}\Sigma M i' \qquad (1\,A)$$

In generale nelle macchine elettriche, e maggiormente in quelle di una certa potenza, per le quali la predeterminazione dei fenomeni transitori acquista reale importanza e significato, le tensioni corrispondenti alle resistenze ammontano solo ad una trascurabile percentuale delle tensioni relative alle induttanze. Questo è ovvio per quei circuiti o avvolgimenti cui sono applicate tensioni alternative, ma in regime transitorio vale anche per quei circuiti che in regime statico non sono soggetti a variazioni del flusso concatenato e la cui tensione impressa è unicamente equilibrata dalla tensione assorbita dalla resistenza come nei circuiti di eccitazione delle macchine sincrone, oppure nulla come nei circuiti smorzatori. Pertanto nello studio dei fenomeni transitori nel macchinario elettrico può essere lecito prescindere dalle resistenze, avvertendo però che non essendovi allora cause dissipative il fenomeno transitorio diventa permanente, e quindi il risultato cui si perviene riproduce con sufficiente approssimazione il reale fenomeno transitorio solo nei primi istanti, cioè quando l'effetto dello smorzamento prodotto dalle cause dissipative non è ancora sentito. Questo è tuttavia di grande importanza poichè è precisamente nei primi istanti che il fenomeno transitorio raggiunge i suoi effetti più cospicui; ma è interessante osservare che, potendosi per altra via determinare il decremento delle componenti transitorie, si arriva ugualmente a riprodurre con sufficiente fedeltà il fenomeno transitorio per l'intera sua durata.

Supponendo nulle le resistenze la (1 *A*) diventa immediatamente integrabile; si ottiene:

$$\Sigma L i + \Sigma M i' = \int v\,dt \qquad (2\,A)$$

Il primo membro di questa uguaglianza, $\Sigma Li + \Sigma Mi'$, rappresenta ovviamente il flusso totalmente concatenato col circuito considerato. L'integrale $\int v\,dt$ rappresenta un flusso che concatenato con lo stesso circuito genera in esso una f.e.m. uguale e contraria alla tensione impressa. A questa condizione soddisfano infiniti flussi, diversi l'uno dall'altro per una componente costante, che rimane però definita se si conosce il valore del flusso concatenato col circuito in un istante qualsiasi.

Se la tensione impressa v è esprimibile analiticamente, indicando con $\Phi_{(t)}$ il corrispondente integrale indefinito si ha:

$$\int v\,dt = \Phi_{(t)} + C$$

dove C è la costante di integrazione e $\Phi_{(t)}$ può essere definito come il flusso integrale della tensione impressa. La (2 *A*) si può quindi scrivere:

$$\Sigma L i + \Sigma M i' = \Phi_{(t)} + C \qquad (3\,A)$$

Nel caso particolare che la tensione impressa v sia alternativa sinusoidale, cioè se:

$$v = V \cos(\omega t + \alpha)$$

il flusso corrispondente alla tensione impressa è

$$\Phi_{(t)} = \frac{V}{\omega}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) \qquad (4\,A)$$

cioè anche il flusso corrispondente è alternativo sinusoidale.

Nelle macchine elettriche questo flusso si può spesso anche esprimere per mezzo della corrente a vuoto I_0, poichè è:

$$\frac{V}{\omega}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) = (\Sigma L)\, I_0 \operatorname{sen}(\omega t + \alpha) \qquad (5\,A)$$

se (ΣL) è il coefficiente di autoinduzione risultante del circuito cui è impressa la tensione v, allorchè vengono interrotti o rimossi tutti i circuiti elettricamente o magneticamente con esso accoppiati.

Da quanto precede, si può quindi formulare il seguente enunciato: *in un generico circuito di resistenza nulla ed al quale è applicata una tensione v, il flusso totalmente concatenato con lo stesso circuito è uguale al flusso integrale della tensione impressa, più un flusso costante.* Il valore di quest'ultimo è determinabile se si conosce il valore del flusso concatenato in un istante qualsiasi.

Questo enunciato permette di risolvere con molta facilità molti problemi connessi a fenomeni transitori nelle macchine elettriche, in particolare i transitori d'inserzione e di corto circuito.

Per l'applicazione di tale enunciato ai fenomeni di inserzione si assuma che nell'istante in cui viene applicata la tensione, considerato convenzionalmente come origine dei tempi, sia nullo il flusso totalmente concatenato. Dalla (3 *A*) si ottiene allora per $t = 0$:

$$\Phi(\,) = -C$$

e quindi per un qualsiasi istante t' vale l'equazione:

$$\Sigma L i + \Sigma M i = \Phi(t') - \Phi(0) \qquad (6\,A)$$

Se la tensione v è alternativa sinusoidale la (6 *A*) diventa:

$$\Sigma L i + \Sigma M i' = \frac{V}{\omega}[\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) - \operatorname{sen}\alpha] \qquad (7\,A)$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ovvero tenendo presente la (5 *A*):

$$\Sigma L\, i + \Sigma M\, i' = (\Sigma L)\, I_0 \left[\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) - \operatorname{sen}\alpha\right] \quad (8\,A)$$

Si può quindi formulare questo primo corollario all'enunciato di cui sopra. *Se in un generico circuito di resistenza nulla viene impressa ad un certo istante una tensione v, il flusso totalmente concatenato con lo stesso circuito è uguale al flusso integrale della tensione impressa, più un flusso costante tale che all'istante dell'inserzione risulti nullo il flusso totalmente concatenato.*

Le espressioni (7 *A*) e (8 *A*) consentono di determinare l'andamento della corrente assorbita da un generico circuito elettrico, ed in particolare di una macchina elettrica avente resistenza nulla, cui all'istante $t = 0$ viene applicata una tensione alternativa sinusoidale.

L'ipotesi fatta di flusso concatenato nullo all'istante dell'inserzione non costituisce una effettiva limitazione all'applicazione del precedente corollario. Infatti per il principio di sovrapposizione si può in un primo tempo applicare tale corollario prescindendo da qualsiasi flusso concatenato col circuito all'istante della inserzione; le correnti effettive si ottengono poi sovrapponendo a quelle così ottenute le correnti pertinenti al flusso che si è prima trascurato.

Se invece ad un dato istante il circuito considerato viene cortocircuitato, annullandosi la tensione applicata *v*, la (3 *A*) diventa:

$$\Sigma L\, i + \Sigma M\, i' = C \quad (9\,A)$$

dalla quale deriva questo secondo corollario all'enunciato di cui sopra: *in un circuito chiuso di resistenza nulla il flusso totalmente concatenato deve rimanere costante.* Il valore costante del flusso è ovviamente quello del flusso totalmente concatenato con lo stesso circuito nell'istante in cui è avvenuto il corto circuito.

Questo secondo corollario costituisce il teorema del concatenamento magnetico costante del Doherty [Bib. 1]. Pertanto l'enunciato sopra formulato appare come un'estensione del teorema del Doherty, ovvero si può dire, forse con più proprietà, che il teorema del Doherty è un caso particolare dello stesso enunciato. Il teorema del Doherty è stato largamente usato ed ha portato un potente contributo alla risoluzione dei fenomeni transitori susseguenti ai corti circuiti nelle macchine elettriche. Presso di noi è stato applicato dal Prof. Dalla Verde [Bib. 3] e dallo scrivente [Bib. 5] allo studio degli stessi fenomeni nelle macchine sincrone.

APPENDICE *B*

APPLICAZIONE DEL METODO ALL'INSERZIONE DEI MOTORI ASINCRONI

Poichè nulla si toglie alla generalità del problema mentre se ne semplifica sensibilmente la risoluzione, si supponga che il motore asincrono abbia statore e rotore bifasi. I risultati saranno poi immediatamente estensibili a motori con qualsiasi numero di fase, in particolare ai motori trifasi. Inoltre si prescinda per ora da ogni saturazione e si ponga:

- L_S coefficiente di autoinduzione di una fase dell'avvolgimento statorico.
- L_R coefficiente di autoinduzione di una fase dell'avvolgimento rotorico, riferito allo statore.
- M coefficiente di mutua induzione tra una fase dell'avvolgimento statorico e una dell'avvolgimento rotorico quando essi sono coassiali.

Si contino i tempi dell'istante in cui viene impressa la tensione e si supponga che in tale istante sia θ_0 l'angolo tra la fase 1 di statore e la fase 1 di rotore, assunte come fasi di riferimento. Se Ω è la velocità angolare del rotore e p il numero dei campi polari, il coefficiente di mutua induzione tra le due fasi in questione in un istante t qualsiasi può considerarsi uguale $M \cos\theta$, essendo:

$$\theta = \Omega\, p\, t - \theta_0 \quad (1\,B)$$

Supposte allora nulle le resistenze degli avvolgimenti statorico e rotorico, si può applicare ai corrispondenti circuiti il primo corollario dell'enunciato dell'appendice *A* nella forma rappresentata dalla (7 *A*), poichè si suppone alternativa sinusoidale la tensione impressa. Se

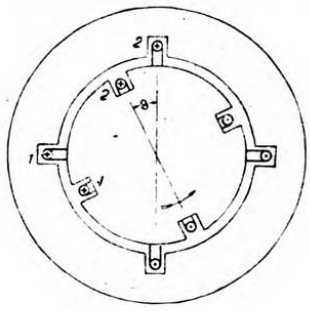


Fig. 1 *B*.

il senso delle correnti ed il senso di rotazione sono quelli indicati nella fig. 1 *B*, si ricava:

$$\left.\begin{aligned}
&L_S\, i_{S1} + M\, i_{R1}\cos\theta + M\, i_{R2}\operatorname{sen}\theta = \\
&= \frac{V}{\omega}\left[\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) - \operatorname{sen}\alpha\right] \\
&L_S\, i_{S2} - M\, i_{R1}\operatorname{sen}\theta + M\, i_{R2}\cos\theta = \\
&= \frac{V}{\omega}\left[\cos(\omega t + \alpha) - \cos\alpha\right] \\
&L_R\, i_{R1} + M\, i_{S1}\cos\theta - M\, i_{S2}\operatorname{sen}\theta = 0 \\
&L_R\, i_{R2} + M\, i_{S1}\operatorname{sen}\theta + M\, i_{S2}\cos\theta = 0
\end{aligned}\right\} \quad (2\,B)$$

dalle quali si ottiene:

$$\left.\begin{aligned}
i_{S1} &= \frac{V}{X_{cc}}\left[\operatorname{sen}(\omega t + \alpha) - \operatorname{sen}\alpha\right] \\
i_{S2} &= \frac{V}{X_{cc}}\left[\cos(\omega t + \alpha) - \cos\alpha\right] \\
i_{R1} &= -\frac{M}{L_R}\frac{V}{X_{cc}} \\
&\left[\operatorname{sen}\left\{(\omega - \Omega p)t + \alpha - \theta_0\right\} - \operatorname{sen}(\Omega p t + \alpha - \theta_0)\right] \\
i_{R2} &= -\frac{M}{L_R}\frac{V}{X_{cc}} \\
&\left[\cos\left\{(\omega - \Omega p)t + \alpha - \theta_0\right\} - \cos(\Omega p t + \alpha - \theta_0)\right]
\end{aligned}\right\} \quad (3\,B)$$

In queste espressioni:

$$X_{cc} = \omega\,\frac{(L_S L_R - M^2)}{L_R} \quad (4\,B)$$

rappresenta la reattanza di corto circuito che il motore presenta quando si alimenta dallo statore.

Le (3 *B*) mostrano che nelle espressioni relative alla corrente statorica non compare θ, onde ne segue che,

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nell'ipotesi di resistenze nulle, la corrente statorica non solo è indipendente dallà posizione che all'istante dell'inserzione il rotore aveva rispetto allo statore, ciò che del resto è semplice conseguenza dell'essere il rotore polifase simmetrico; ma, cosa più interessante, essa è indipendente dalla velocità del rotore. Cioè sia questo fermo o in sincronismo, o rotante a qualsiasi altra velocità compresa o no entro questi limiti, le espressioni della corrente statorica rimangono assolutamente invariate. In particolare ne rimane invariato il valore massimo assoluto o intensità massima asimmetrica data dall'espressione:

$$i_{s\,max} = -2\,\frac{V}{X_{cc}} \qquad (5\,B)$$

che si ottiene ponendo $\alpha = 90^{o}$ nella prima delle (3 *B*), oppure $\alpha = 0^{o}$ nella seconda, mezzo periodo dopo l'istante in cui avviene l'inserzione, cioè per:

$$t = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\omega} \qquad (6\,B)$$

Per le correnti rotoriche si osservi che la fase delle due componenti è bensì dipendente dalla posizione che il rotore aveva rispetto allo statore nell'istante dell'inserzione, e la frequenza dalla velocità di rotazione del rotore; ma l'ampiezza delle stesse componenti ne è affatto indipendente, come ne è indipendente l'intensità massima asimmetrica data dalla espressione:

$$i_{R\,max} = 2\,\frac{M}{L_R}\,\frac{V}{X_{cc}} \qquad (7\,B)$$

che si ottiene ponendo $(\alpha - \theta_0) = 90^{o}$ nella terza delle (3 *B*), oppure $(\alpha - \theta_0) = 0^{o}$ nella quarta, e per t ovviamente ancora il valore dato dalla (6 *B*).

APPENDICE C

EFFETTI DELLE RESISTENZE

Conviene ora esaminare quali, sulle precedenti conclusioni, possono essere gli effetti delle resistenze, di cui il più evidente è l'effetto limitatore; le resistenze concorrono insieme con le reattanze a determinare l'impedenza globale che limita la corrente assorbita. Di questo effetto si tiene immediatamente conto ponendo Z_{cc} in luogo di X_{cc} nelle precedenti espressioni, essendo:

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2}$$

$$R_{cc} = R_S + \frac{\omega^2 M^2}{R_R^2 + \omega^2 L_R^2}\,R_R \qquad (1\,C)$$

Ma il più importante è senza dubbio l'effetto smorzatore per cui alcune componenti della corrente, anzichè rimanere di ampiezza costante, si estinguono con legge esponenziale dopo un tempo più o meno lungo; ed è proprio questo effetto che opera la trasformazione del regime permanente in regime transitorio, estinto il quale si perviene ancora ad un regime permanente, ma diverso da quello che si sarebbe avuto con resistenze nulle. Si tratta quindi di individuare quali sono le componenti della corrente che si estinguono e le relative costanti di tempo, oppure l'inverso di queste, i decrementi.

A tale scopo si riprendano le (3 *B*) e si osservi che, nel complesso, le correnti statoriche danno luogo a due forze magnetomotrici, di uguale e costante ampiezza; ma l'una rotante al sincronismo e l'altra fissa nello spazio. Analogamente le correnti rotoriche danno luogo a due forze magnetomotrici di uguale e costante ampiezza; e tenuto conto della loro frequenza e senso di rotazione, nonchè della velocità del rotore, ne risulta anche per queste che una resta fissa nello spazio e l'altra si muove con velocità sincrona. In definitiva si hanno quindi due forze magnetomotrici fisse nello spazio e due rotanti al sincronismo. Queste ultime generano il flusso rotante che nell'avvolgimento statorico induce la f.e.m. che equilibra la tensione impressa; mentre le prime due generano un uguale flusso ma fisso nello spazio. Questo, cui non corrisponde alcuna tensione impressa, sorge per soddisfare alla condizione che all'istante dell'inserzione rimanga invariato il flusso risultante concatenato coll'avvolgimento statorico; e le tensioni necessarie per sostenere, attraverso la resistenza dei rispettivi avvolgimenti, le correnti che ne costituiscono le relative forze magnetomotrici non possono essere generate che dalla sua progressiva diminuzione: cioè tale flusso è di natura transitoria e transitorie sono le corrispondenti forze magnetomotrici.

Occorre ora determinarne il relativo decremento. Com'è noto, i decrementi delle varie componenti della corrente in un circuito non sono altro che le radici dell'equazione differenziale che si ottiene scrivendo la legge di Ohm generalizzata per lo stesso circuito e per gli altri ad esso accoppiati. E sebbene le espressioni alle quali in tal modo si perviene siano, per i motori asincroni, piuttosto meno complesse di quelle relative ad altre macchine rotanti, esse lo sono ancora troppo per non invogliare a ricorrere a qualche soluzione approssimata che, pur consentendo una sufficiente esattezza per ogni pratica esigenza, permetta anche in questo caso di addivenire ad espressioni più semplici ed intuitive.

A tale scopo si consideri un semplice circuito costituito da una resistenza R in serie con una induttanza L; l'energia elettromagnetica concatenata con lo stesso circuito in un istante qualsiasi è $1/2\,Li^2$, se con i si indica il valore della corrente nell'istante che si considera. Se la tensione impressa si annulla allorchè la corrente aveva il valore I, negli istanti successivi le perdite dovute al passaggio della corrente attraverso la resistenza devono necessariamente essere fornite dalla diminuzione dell'energia elettromagnetica concatenata, cioè:

$$R\,i^2 = -\frac{d}{d\,t}\left(\frac{1}{2}\,L\,i^2\right) \qquad (2\,C)$$

dalla quale dopo semplici passaggi si ricava l'espressione:

$$i = I\,e^{-\varrho\,t}$$

in cui il decremento ϱ è dato dalla relazione:

$$\varrho = \frac{R}{L} \qquad (3\,C)$$

A queste espressioni di solito si perviene partendo dall'equazione differenziale esprimente l'equilibrio delle tensioni nel circuito considerato. La (2 *C*) esprime invece l'equilibrio delle potenze nello stesso circuito; e si è preferito ricorrere a questa via inconsueta poichè essa consente anche in circuiti complessi (dei quali, però, si possa in qualche modo individuare l'energia elettromagnetica e la potenza dissipata in un istante qualsiasi) di ricondurre la determinazione dei decrementi al caso del semplice circuito dianzi considerato.

Ritornando al flusso fisso nello spazio, cioè al flusso unidirezionale di statore, si osservi che con rotore aperto l'energia elettromagnetica concatenata col circuito di statore in un istante qualsiasi è $1/2\,L_S\,i^2$, se con i si indica la corrente unidirezionale di statore nell'istante considerato. Poichè le perdite, trascurando l'effetto delle correnti parassite nel circuito magnetico principale, si riducono alle perdite ohmiche nell'avvolgimento statorico, ed il relativo valore nell'istante considerato risulta Ri^2, ne deriva:

$$R\,i^2 = -\frac{d}{d\,t}\left(\frac{1}{2}\,L_S\,i^2\right)$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Dal confronto di questa espressione con la (2 C) si deduce che il decremento del flusso unidirezionale di statore e della relativa corrente, con rotore aperto, risulta:

$$\varrho'_0 = \frac{R_S}{L_S} \qquad (4\,C)$$

Per determinare quale espressione assume il decremento con rotore in corto circuito si rammenti che il flusso unidirezionale di statore è, come si è detto, un flusso transitorio e quindi variabile nel tempo. Pertanto esso anzichè percorrere quasi unicamente il circuito magnetico principale, come avviene con rotore aperto, si trasferisce nei circuiti magnetici di dispersione statorico e rotorico, la cui riluttanza è di molto maggiore. Cioè il rotore in corto circuito equivale ad un aumento della riluttanza del circuito magnetico, e corrispondentemente l'effettiva induttanza dell'avvolgimento statorico, intesa come rapporto tra il flusso totalmente concatenato con lo stesso avvolgimento e la corrente che lo percorre, si riduce dal valore L_S che aveva a vuoto al valore L_{cc}, ossia all'induttanza di corto circuito definita dalla relazione:

$$L_{cc} = \frac{L_S L_R - M^2}{L_R} \qquad (5\,C)$$

che deriva dalla (4 B). Pertanto col rotore in corto circuito, l'energia elettromagnetica che compete al flusso unidirezionale concatenato con l'avvolgimento statorico è $\frac{1}{2} L_{cc} i^2$.

Col rotore in corto circuito le perdite ohmiche si hanno anche nell'avvolgimento rotorico, ma per quanto si è detto, è necessario stabilire se ed in quale misura esse provengano dall'annullarsi dell'energia elettromagnetica. A questo riguardo è necessario distinguere i due casi di rotore fermo e di rotore in moto.

Con rotore fermo le perdite ohmiche nel corrispondente avvolgimento non possono provenire che dall'annullarsi dell'energia elettromagnetica, come in un trasformatore in corto circuito le perdite nel secondario provengono dalla linea di alimentazione. Pertanto le perdite che entrano nella determinazione del decremento sono la somma delle perdite ohmiche negli avvolgimenti di statore e di rotore, le quali nell'istante considerato possono ritenersi date dall'espressione:

$$P = R_{cc} i^2$$

dove R_{cc} è definito dalla (1 C). In conseguenza col rotore fermo ed in corto circuito l'equazione esprimente l'equilibrio delle potenze corrispondenti al flusso unidirezionale di statore assume la forma:

$$R_{cc} i^2 = -\frac{d}{d t}\left(\frac{1}{2} L_{cc} i^2\right)$$

dalla quale, per lo stesso flusso e per le relative correnti nei due avvolgimenti, si ricava il seguente decremento:

$$\varrho_{cc} = \frac{R_{cc}}{L_{cc}} \qquad (6\,C)$$

(La soluzione rigorosa del caso con rotore fermo mostra in effetti che la f.m.m. risultante fissa nello spazio si scinde in due componenti, di ampiezza iniziale e decremento assai diversi. Tuttavia la corrente risultante da queste due componenti viene praticamente a coincidere con quella dedotta dalla soluzione approssimata qui proposta).

Se invece il rotore è in moto le perdite ohmiche nel relativo avvolgimento vengono fornite meccanicamente dall'esterno attraverso l'albero, precisamente come avviene nell'indotto di una macchina sincrona in corto circuito. Le perdite provenienti dall'energia elettromagnetica si riducono quindi alle sole perdite nell'avvolgimento statorico, ed il decremento del flusso unidirezionale di statore e delle corrispondenti forze magnetomotrici statorica e rotorica, con rotore in moto ed in corto circuito, assume l'espressione

$$\varrho' = \frac{R_s}{L_{cc}} \qquad (7\,C)$$

Sembra da questa espressione che col rotore in moto la resistenza del relativo avvolgimento non abbia alcuna influenza sul decremento; ma la cosa non sta precisamente così: l'accennato trasferimento del flusso dal circuito magnetico principale ai circuiti magnetici di dispersione, che avviene quando si passa dal rotore aperto a rotore in corto circuito, è più o meno completo a seconda della resistenza rotorica; e conseguentemente l'induttanza equivalente che compare nella (7 B), a rigore non dovrebbe essere L_{cc}, ma quella definita dal rapporto tra flusso e corrente. Ciò si vede chiaramente facendo aumentare la resistenza dell'avvolgimento rotorico in corto circuito: man mano che essa aumenta il flusso riprende sempre più a percorrere il circuito magnetico principale e aumenta l'induttanza equivalente di statore; finchè quando la resistenza diventa infinitamente grande si ricade nel caso del rotore aperto e l'induttanza riprende il valore di L_S.

I due casi di rotore fermo e di rotore in moto sono stati considerati completamente distinti tra loro, ma è ovvio che il passaggio dall'uno all'altro non avviene bruscamente. In effetti con rotore fermo le correnti sono indotte nel rotore dal flusso unidirezionale per effetto trasformatorico, mentre con rotore in moto si è considerato che esse siano indotte solo per effetto della rotazione. Per velocità molto basse ambedue gli effetti sono contemporaneamente sensibili ed il decremento passa gradatamente, con l'aumentare della velocità, da ϱ_{cc} a ϱ'.

Nel caso che statore e rotore abbiano uguale induttanza e uguale resistenza si dimostra facilmente che il valore di ϱ' viene raggiunto per la velocità angolare del rotore corrispondente alla pulsazione

$$\omega_R = \frac{2 M R}{I^2 - M^2}$$

e conservato per tutte le velocità superiori. È interessante notare che tale valore della pulsazione risulta molto vicino a ϱ_{cc}: si tratta quindi di una pulsazione corrispondente a pochi periodi al secondo.

Determinato nei vari casi il decremento del flusso unidirezionale di statore e delle relative forze magnetomotrici, si passi ora ad esaminare quello che avviene del flusso rotante. Poichè questo non è in sè transitorio, ma equilibra la tensione impressa, esso può dar luogo ad un flusso transitorio solo in quanto, penetrando nell'avvolgimento di rotore, provoca in questo delle correnti che si oppongono alla sua penetrazione. Pertanto il transitorio ad esso relativo non si verifica con rotore aperto ed è assolutamente inapprezzabile con rotore fermo e in corto circuito, nel qual caso il flusso che a regime penetra nell'avvolgimento rotorico si riduce all'esigua aliquota necessaria per indurre la piccola tensione occorrente per equilibrare la caduta ohmica; ma raggiunge invece la sua manifestazione più cospicua con rotore in sincronismo, poichè in tal caso il flusso che in regime penetra nell'avvolgimento rotorico assume il suo massimo valore. Comunque il flusso unidirezionale che sorge per rendere nullo il flusso risultante concatenato col rotore all'istante dell'inserzione è di natura transitoria, e ripetendo per esso le analoghe considerazioni svolte per il flusso unidirezionale di statore il relativo decremento risulta:

$$\varrho'' = \frac{R_R}{L_{cc}} \qquad (8\,C)$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

A rigore, in questa formula, L_{cc} dovrebbe rappresentare l'induttanza equivalente quando si alimenta dal rotore con statore in corto circuito; ma in effetti, come già si è osservato per l'induttanza a vuoto, essa non si distingue da quella che si ha con alimentazione statorica. Lo stesso decremento si applica alla corrente unidirezionale di rotore ed a quella parte della corrente di statore che della prima annulla l'effetto smagnetizzante e che con rotore in sincronismo risulta uguale a $I_{cc} - I_0$.

Dal confronto della (6 *C*) con la (7 *C*) e la 8 *C*) si deduce:

$$\varrho_{cc} = \sim \varrho' + \varrho'' \qquad (9\,C)$$

Di un interessante effetto delle resistenze su ϱ' e ϱ'', e che, per le ipotesi semplificative assunte, non compare nelle relative espressioni precedentemente ricavate, conviene tuttavia dare un cenno poichè esso serve a chiarire alcune anomalie che si riscontrano negli oscillogrammi della corrente transitoria nei motori di piccola potenza, nei quali la resistenza assume valori percentualmente più elevati. Tali anomalie diventano sempre più trascurabili con l'aumentare della potenza delle macchine, e praticamente scompaiono quando questa raggiunge un valore che in linea largamente indicativa può essere ritenuto uguale a 100 kW. Naturalmente esse si manifestano anche in macchine di potenza superiore se in serie con uno dei due avvolgimenti vi è una resistenza, o anche se esse sono a doppia gabbia, a causa dell'elevata resistenza di quella esterna.

Accade precisamente che il flusso transitorio di statore e quello di rotore anzichè essere unidirezionali, girano rispetto ai relativi avvolgimenti, più o meno lentamente a seconda della resistenza più o meno elevata, nel senso da diminuire la loro velocità relativa. È come se le perdite che ciascun flusso transitorio produce nell'altro avvolgimento lo frenassero nel suo moto relativo, ed infatti questa azione frenante è tanto più sentita quanto più elevata è la resistenza, e scompare con rotore aperto. E quelle che si sono considerate come correnti unidirezionali sono in realtà correnti sinusoidali smorzate di lungo periodo e corrispondentemente si modifica la frequenza delle correnti che ciascuna di esse richiama nell'altro avvolgimento, in modo da soddisfare all'ovvia condizione che la somma delle pulsazioni delle correnti relative ad uno stesso flusso è in valore assoluto uguale alla pulsazione corrispondente alla velocità angolare del rotore.

L'effetto descritto è ben visibile nell'oscillogramma di fig. 3. A partire dal quarto periodo l'area delimitata dalla semionda positiva con la linea zero diventa maggiore di quella delimitata dalla semionda negativa con la stessa linea, mentre per i tre primi periodi avviene il contrario; cioè in corrispondenza del quarto periodo la corrente transitoria di lungo periodo da negativa che era diventa positiva. L'oscillogramma di fig. 4 rappresenta la corrente di inserzione in un motore da 40 kW, 4 poli, il circuito rotorico del quale è chiuso sulla resistenza di avviamento: a causa del suo forte decremento scompare la componente dovuta al campo transitorio di rotore, ciò che rende meglio visibile l'andamento sinusoidale della componente dovuta al campo transitorio di statore, il cui decremento è invece diminuito dalla presenza della stessa resistenza. La fig. 5 rappresenta l'oscillogramma della corrente di inserzione dello stesso motore, ma questa volta la resistenza è posta in serie con l'avvolgimento statorico: sebbene il rotore fosse ancora in perfetto sincronismo, per l'effetto in questione la frequenza della componente dovuta al campo transitorio di rotore risulta leggermente inferiore a quella della linea di alimentazione; sì che tale componente interferisce con la componente a vuoto, avente necessariamente la frequenza della linea di alimentazione, dando luogo a veri e propri battimenti.

APPENDICE *D*

EQUAZIONI FONDAMENTALI

Dalla prima delle (3 *B*), tenendo conto dell'effetto limitatore sostituendo Z_{cc} a X_{cc} e dell'effetto smorzatore apponendo alle componenti transitorie i relativi decrementi, si ottiene, nel caso di scorrimento nullo, la seguente espressione per la corrente statorica:

$$i_s = -\frac{V}{Z_0}\operatorname{sen}(\omega t + \alpha - \varphi_0) +$$

$$+ e^{-\rho' t}\left(\frac{V}{Z_{cc}} - \frac{V}{Z_0}\right)\operatorname{sen}(\omega t + \alpha - \varphi''_{cc}) -$$

$$- e^{-\rho' t}\frac{V}{Z_{cc}}\operatorname{sen}(\alpha - \varphi'_{cc})$$

nella quale φ_0 rappresenta lo sfasamento della corrente a vuoto rispetto alla tensione, φ_{cc}'' l'analogo sfasamento della corrente dovuta al flusso transitorio di rotore, mentre l'angolo φ_{cc}' resta definito dalla condizione che il valore della corrente sia nullo all'istante d'inserzione. I primi due angoli, e di conseguenza anche il terzo, sono poco diversi uno dall'altro ed assai prossimi a 90°; assumendoli uguali a questo valore, la precedente espressione si può così semplificare:

$$\left.\begin{aligned} i_s = {} & I_0 \cos(\omega t - \alpha) + \\ & + e^{-\rho' t}(I_{cc} - I_0)\cos(\omega t + \alpha) - \\ & - e^{-\rho' t} I_{cc} \cos\alpha \end{aligned}\right\} \qquad (1\,D)$$

Per un valore qualsiasi della velocità del rotore, in questa espressione alla corrente a vuoto va sostituita la corrente che a regime corrisponde allo scorrimento effettivo. Inoltre, qualunque sia il valore di questo, il flusso transitorio di rotore, data la sua intima natura, deve rimanere necessariamente unidirezionale, cioè fisso rispetto al rotore (si prescinde dalla leggera rotazione di cui si è fatto cenno alla fine dell'appendice *C*); in conseguenza la pulsazione della corrente che tale flusso richiama nello statore resta definita dalla relazione:

$$\omega_R = \omega(1 - s)$$

nella quale con s si è indicato lo scorrimento. L'espressione della corrente statorica relativa ad uno scorrimento qualsiasi, assume quindi la forma:

$$\left.\begin{aligned} i_s = {} & I_1 \cos(\omega t + \alpha - \Psi_1) + \\ & + e^{-\rho' t}(I_{cc} - I_0)\cos(\omega_R t + \alpha - \Psi_2) - \\ & - e^{-\rho' t} I_{cc} \cos\alpha \end{aligned}\right\} \qquad (2\,D)$$

nella quale la differenza $I_{cc} - I_0$ va intesa in senso vettoriale, e gli angoli Ψ_1 e Ψ_2 sono quelli indicati nel diagramma circolare di fig. 5.

Per quanto si è detto a proposito dei decrementi, la precedente espressione non si applica però a quei valori dello scorrimento corrispondenti a quei valori di ω_R compresi tra ϱ_{cc} e $-\varrho_{cc}$. Nel caso particolare di rotore fermo l'espressione della corrente statorica diventa:

$$i_s = I_{cc}\cos(\omega t + \alpha) - e^{-(\rho' - \rho'')t} I_{cc}\cos\alpha \qquad (3\,D)$$

Una serie di rilievi oscillografici eseguiti presso la Ercole Marelli & C. S. p. A. hanno confermato che per i motori di potenza oltre gli 80 kW il grado di approssimazione consentito dalle espressioni (1 *D*) e (3 *D*) è veramente ottimo; poco significativi sono invece apparsi gli oscillogrammi eseguiti per controllare l'espressione (2 *D*), poichè all'atto in cui viene applicata la tensione si ve-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

rifica una brusca accelerazione del rotore che rende il fenomeno molto più complesso.

Per avere risultati più attendibili e nello stesso tempo più interessanti, si è pensato di eseguire le prove in modo di avere un controllo reciproco tra le espressioni (1 *D*) e (3 *D*). A tale scopo i rilievi sono stati eseguiti contemporaneamente su due motori gemelli, uno dei quali aveva il rotore bloccato e l'altro era azionato da un motore a corrente continua, mentre un dispositivo stroboscopico ne controllava la velocità sincrona.

La fig. 2 rappresenta nella parte superiore l'oscillogramma della corrente di inserzione in due motori asincroni con rotore avvolto da 88 kW, 220 V, 42 periodi, 8 poli, di costruzione Marelli, avente i seguenti parametri caratteristici: $Z_0 = 2{,}6$ ohm; $Z_{cc} = 0{,}17$ ohm; $R_S = 0{,}01$ ohm; R_R (riferita allo statore) $= 0{,}102$ ohm; $\varrho_0 = 1{,}04$; $\varrho' = \sim \varrho'' = \sim 16$; $\varrho_{cc} = 32$. I suddetti valori di Z_0 e Z_{cc} sono quelli corrispondenti a saturazione nulla, ed affinchè questa condizione fosse sufficientemente rispettata durante la prova la tensione impressa è stata limitata a 90 V. L'angolo di fase iniziale, ovviamente uguale per i due motori date le modalità di prova, è risultato pari a 30°. Nella parte inferiore è rappresentato l'andamento delle correnti di inserzione calcolate mediante la (1 *D*) e la (3 *D*). La corrispondenza tra gli oscillogrammi e le curve calcolate non potrebbe essere più soddisfacente.

Le deformazioni che presenta la curva della corrente di inserzione con rotore in sincronismo sono dovute alla forma del campo unidirezionale di rotore, che si comporta come se fosse eccitato con corrente continua. Ciò è stato controllato facendo funzionare uno dei due motori come generatore sincrono in corto circuito: la figura 1 *D* rappresenta l'oscillogramma della corrente sta-

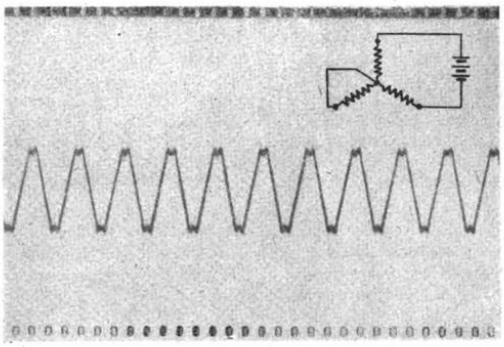


Fig. 1 *D*. — Corrente permanente di corto circuito nello statore del motore asincrono di cui a fig. 2 con rotore eccitato in corrente continua secondo lo schema in figura.

torica quando l'eccitazione è fatta ponendo in serie due fasi di rotore con la terza in corto circuito. La fig. 2 *D* rappresenta ancora la corrente in corto circuito quando l'eccitazione è fatta attraverso una fase di rotore con in serie le altre due in parallelo. Altra conferma si è avuta eseguendo gli stessi rilievi su un motore a doppia gabbia da 170 kW, 6000 V, 8 poli, 50 Hz di costruzione Marelli; come appare dalla fig. 3 le deformazioni della corrente di inserzione con rotore in sincronismo sono scomparse.

In effetti, in motori di questo tipo il fenomeno è reso ancor più complesso dall'esservi due circuiti rotorici da cui deriva che si hanno tre flussi transitori con relativi decrementi. L'oscillogramma mostra che la presenza della gabbia esterna ad elevata resistenza aumenta notevolmente lo smorzamento del campo transitorio di statore nel caso di rotore fermo; e rende evidente la leggera rotazione del flusso transitorio di statore della quale si è fatto cenno alla fine dell'appendice *C*, e che in un motore di tale potenza non si dovrebbe avvertire.

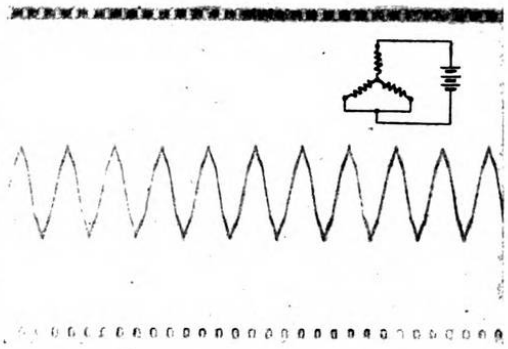


Fig. 2 *D*. — Come in fig. 1 *D*, ma essendo l'eccitazione secondo lo schema indicato in questa figura.

APPENDICE *E*

EFFETTI DELLA SATURAZIONE

Tra le ipotesi precedentemente introdotte vi è stata quella di saturazione nulla, per cui le autoinduttanze L_S e L_R, la mutua induttanza M, e conseguentemente l'induttanza di corto circuito L_{cc}, si sono potute considerare costanti, e la risoluzione delle varie equazioni man mano incontrate è risultata assai semplice e spedita. In tal modo si è pervenuto alle espressioni (1 *D*), (2 *D*) e (3 *D*) nelle quali, sebbene non direttamente, tali induttanze compaiono indirettamente in quanto entrano nella determinazione I_0 e I_{cc}.

Queste correnti risultano infatti del rapporto tra la tensione impressa e le corrispondenti impedenze Z_0 e Z_{cc}, il cui valore viene praticamente a coincidere con quelle delle rispettive reattanze X_0 e X_{cc}, a loro volta funzione delle induttanze precedentemente menzionate.

Per effetto della saturazione X_0 e X_{cc} assumono valori sempre inferiori a quelli corrispondenti a saturazione nulla, ma circa le loro variazioni queste due reattanze presentano una peculiare differenza di comportamento: mentre X_0 è funzione della tensione impressa, X_{cc} è piuttosto da considerare funzione della corrente.

Infatti, prescindendo dalle perdite, la reattanza a vuoto X_0 non è altro che il rapporto tra la tensione impressa e la corrente a vuoto; e quindi la caratteristica di magnetizzazione, che stabilisce la relazione tra queste due grandezze, stabilisce altresì la legge di dipendenza tra la tensione impressa e X_0. Cotesta legge non differisce da quella che nelle macchine sincrone stabilisce la relazione tra tensione e reattanza sincrona, poichè, è appena necessario osservarlo, quella che nelle macchine sincrone viene definita come reattanza sincrona, non è niente di diverso da ciò che nelle macchine asincrone viene comunemente designata come reattanza a vuoto.

Come quest'ultima corrisponde al flusso magnetico principale, la reattanza di corto circuito X_{cc} corrisponde al complesso del flusso di dispersione rotorico e statorico. È quindi chiaro che quella parte di X_{cc} che si riferisce al flusso di dispersione lungo le connessioni frontali degli avvolgimenti è da ritenere costante, qualunque sia il valore della corrente che percorre gli stessi avvolgimenti; e forse la stessa cosa si può ritenere per quella parte che corrisponde al cosidetto flusso di dispersione nel traferro o dispersione a zig-zag. Diversamente accade per la parte che corrisponde al flusso di dispersione nelle cave: poichè tale flusso si svolge per un tratto notevole

Biblioteca nazionale centrale di Roma

attraverso i denti, e questi si saturano quando la corrente raggiunge valori elevati.

L'effetto è specialmente sentito se le cave sono semichiuse, come sono quasi sempre nel rotore e sovente anche nello statore, poichè la saturazione dei dentelli (espansioni del dente verso il traferro) comincia a farsi sentire per valori della corrente appena superiori alla corrente nominale. Onde, nei motori asincroni, la caratteristica di corto circuito perde presto il suo andamento rettilineo, ed assume l'andamento particolare rappresentato nella fig. 1 *E*, dalla quale risulta che il primo tratto rettilineo

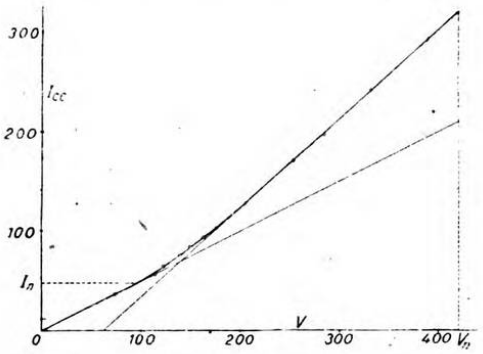


Fig. 1 *E*. — Caratteristica di corto circuito di un motore asincrono da 40 kW, 4 poli.

si raccorda poi con un secondo tratto, pure rettilineo, ma di maggiore inclinazione; e questo secondo tratto si raggiunge quando i dentelli sono completamente saturati ed il motore si comporta allora come se le cave fossero aperte anzichè semichiuse [Bib. 4].

Quello che comunque importa mettere in rilievo è che con l'aumentare della corrente X_{cc} diminuisce notevolmente, e se si tratta di motori con cave statoriche e rotoriche semichiuse, la corrente di corto circuito con impressa la tensione nominale è da ritenere dal 40 % al 60 % superiore a quella calcolata assumendo per X_{cc} valore non saturato. Questo per la corrente permanente di corto circuito: per la corrente transitoria, che rispetto alla prima può raggiungere un valore circa doppio, lo scarto può essere ancora superiore; tuttavia, quest'ultimo aumento è da ritenere assai limitato, poichè, per le ragioni addotte, al di là di un certo valore della corrente la diminuzione della X_{cc} diventa molto meno sentita.

Degli effetti della saturazione su X_0 si può tener conto semplicemente ponendo nella (1 *D*) o nella (2 *D*) quel valore di I_0 che sulla caratteristica a vuoto corrisponde alla tensione effettivamente impressa. Assai arduo risulta invece tener conto degli stessi effetti su X_{cc}, poichè questa reattanza entra nella determinazione dei decrementi delle componenti transitorie, e quindi essa influisce sul valore della corrente da cui a sua volta dipende. Si dovrebbe quindi procedere per approssimazioni successive, e determinare una per una le ampiezze delle varie semionde, la qual cosa si può ben immaginare come risulti laboriosa. Ciò che però interessa maggiormente è la determinazione della intensità massima asimmetrica, e questo si può fare molto più semplicemente e con sufficiente approssimazione assumendo per X_{cc} il valore che corrisponde alla corrente permanente di corto circuito effettivamente assorbita in corrispondenza della tensione nominale. L'errore che eventualmente ne deriva per essere il valore di X_{cc} corrispondente all'intensità massima asimmetrica alquanto inferiore a quello così assunto, viene almeno in parte compensato dal minor valore che ne risulta per i decrementi.

APPENDICE *F*

CORTO CIRCUITO

Al verificarsi del corto circuito si annulla la tensione impressa e, conformemente al teorema del Doherty, i due avvolgimenti del motore asincrono tendono a mantenere invariato il flusso che essi concatenavano all'istante del corto circuito. Se in questo istante il motore funzionava a vuoto, tali flussi si possono esprimere assai agevolmente in funzione della corrente a vuoto, per cui risulta conveniente applicare il teorema del Doherty nella forma derivata dalla (8 *A*). Riprendendo le stesse ipotesi formulate nell'appendice *B*, si ottiene il seguente sistema di equazioni:

$$\left.\begin{aligned} L_s i_{s1} + M i_{R1}\cos\theta - M i_{R2}\operatorname{sen}\theta &= L_s I_0 \operatorname{sen}\alpha \\ L_s i_{s2} - M i_{R1}\operatorname{sen}\theta - M i_{R2}\cos\theta &= L_s I_0 \cos\alpha \\ L_R i_{R1} + M i_{s1}\cos\theta - M i_{s2}\operatorname{sen}\theta &= \\ &= M i_0 \operatorname{sen}(\theta_0 - \alpha) \\ L_R i_{R2} + M i_{s1}\operatorname{sen}\theta + M i_{s2}\cos\theta &= \\ &= M i_0 \cos(\theta_0 - \alpha) \end{aligned}\right\} \quad (1\,F)$$

dalla cui risoluzione si ottiene la seguente espressione della corrente statorica:

$$i_s = \frac{V}{X_{cc}}\left[\operatorname{sen}\alpha - \frac{M^2}{L_s L_R}\operatorname{sen}(\omega t - \alpha)\right] \quad (2\,F)$$

Si verifica facilmente che:

$$\frac{M^2}{X_{cc} L_s L_R} = \frac{1}{X_{cc}} - \frac{1}{X_0}$$

per cui, tenendo conto degli effetti limitatore e smorzatore delle resistenze, come si è fatto nell'appendice *D*, si perviene infine alla seguente espressione della corrente transitoria in corto circuito del motore asincrono:

$$i_s = e^{-\rho' t} I_{cc}\cos\alpha - e^{-\rho'' t}(I_{cc} - I_0) \cos(\omega t - \alpha) \quad (3\,F)$$

È interessante confrontare questa espressione con la (1 *D*) relativa alla corrente transitoria di inserzione con rotore cortocircuitato ed al sincronismo. La differenza tra le corrispondenti intensità massime asimmetriche è uguale solo al valore massimo della corrente a vuoto. E poichè, come si è detto, il rapporto tra l'impedenza a vuoto e quella di corto circuito è in generale compresa tra 10 e 20, la differenza tra le due intensità menzionate risulta compresa tra il 2,5 ed il 5 %. Il cambiamento di segno che la (3 *F*) presenta rispetto alla (1 *D*) è dovuto al fatto che i flussi unidirezionali di statore e di rotore sono precisamente quelli che i relativi avvolgimenti concatenavano all'istante del corto circuito, cioè quelli che in tale istante corrispondevano alla tensione impressa; mentre, come si è visto, nel transitorio di inserzione i due flussi hanno entrambi opposto segno del flusso che all'istante dell'inserzione corrispondeva alla tensione impressa.

Quale conferma sperimentale delle precedenti asserzioni la fig. 12 riproduce l'oscillogramma della corrente statorica in un motore asincrono da 40 kW, 420 V, 42 Hz, di costruzione Marelli, funzionante a vuoto, prima e dopo un corto circuito trifase sulla linea di alimentazione. La punta massima della corrente di corto circuito risulta di oltre 30 volte superiore all'ampiezza della corrente a vuoto, mentre dai valori delle reattanze a vuoto e di corto circuito, e tenendo conto del particolare istante in cui avviene il corto circuito, non si sarebbero dovute superare le 20 volte. Questo divario è dovuto al fatto che il mo-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

tore era alimentato alla sua tensione nominale, e quindi le punte di corrente che si raggiungevano dopo il corto circuito assumevano valori così elevati da produrre, secondo quanto accennato nell'appendice *E*, una fortissima saturazione dei circuiti magnetici di dispersione.

APPENDICE *G*

DETERMINAZIONE DEL TEMPO CRITICO

L'usuale circuito equivalente di un motore asincrono può essere semplificato, con sufficiente approssimazione per i risultati, trasferendo immediatamente ai morsetti di alimentazione la reattanza magnetizzante (fig. 1 *G*). Per

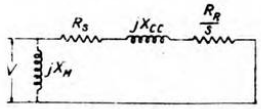


Fig. 1 *G*.

uno scorrimento s qualunque si ricava allora la seguente espressione della corrente assorbita:

$$I = \frac{V}{R_s + R_R/s + jX_{cc}}$$

mentre, supposto il motore trifase, la corrispondente potenza trasmessa al rotore risulta:

$$P_R = 3 \frac{R_R}{s} I^2 = 3 \frac{R_R}{s} \frac{V^2}{(R_s + R_R/s)^2 + X_{cc}^2} \qquad (1\,G)$$

Ordinando e risolvendo rispetto ad s si ottiene:

$$s_1 \\ s_2 \quad \frac{3V^2 - 2P_R R_s \mp \sqrt{9V^4 - 12P_R R_s V^2 - 4P_R^2 X_{cc}^2}}{2P_R(R_s^2 + X_{cc}^2)} \qquad (2\,G)$$

Tenendo presente che la coppia sviluppata dal motore è uguale al quoziente tra la potenza trasmessa al rotore e la velocità sincrona, cioè:

$$C_M = \frac{P_R}{\Omega_0}, \qquad (3\,G)$$

la (2 *G*) conferma quanto già appare dalla fig. 13, e cioè che un motore asincrono sviluppa una stessa coppia in corrispondenza di due diversi valori dello scorrimento. Pertanto se sull'albero del motore agisce una coppia resistente C costante, i due valori dello scorrimento per i quali si ha equilibrio tra la coppia sviluppata e la coppia resistente, si ottengono dalla stessa (2 *G*) sostituendo C a C_M nel valore di P_R.

Per calcolare il tempo che impiega il rotore per portarsi dal primo al secondo dei due scorrimenti così ottenuti, cioè da s_1 a s_2, si riprenda la relazione (3):

$$C = J \frac{d\Omega}{dt}$$

da cui, avendo supposto C costante, si ricava:

$$t = \frac{J}{C}(\Omega_2 - \Omega_1) \qquad (4\,G)$$

Essendo d'altra parte:

$$\Omega_2 = \Omega_0(1 - s_2)$$
$$\Omega_1 = \Omega_0(1 - s_1)$$

la (4 *G*) diventa:

$$t = \frac{J}{C} \Omega_0 (s_1 - s_2)$$

Sostituendo in questa espressione a $s_1 - s_2$ il valore ricavato dalla (2 *G*) e tenendo presente la (4 *G*) si ottiene infine:

$$t = \frac{\Omega_0^2 J R_R}{P_R^2 (R_s^2 + X_{cc}^2)} \sqrt{9V^4 - 12 R_s P_R V^2 - 4 P_R^2 X_{cc}^2} \qquad (5\,G)$$

APPENDICE *H*

LISTA DEI SIMBOLI

- C = coppia resistente sull'albero; $C' = C/p$.
- C_s = coppia sincronizzante: *formula* (7).
- f = frequenza della tensione impressa.
- I = corrente (valore massimo): I_{cc} = corrente di corto circuito; I_1 = corrente corrispondente ad un generico scorrimento; I_0 = corrente a vuoto.
- i = corrente (valore istantaneo); i_R = corrente di rotore; i_S = corrente di statore.
- J = momento d'inerzia; $J' = J/p^2$.
- L = indutanza per fase (coefficiente di autoinduzione); L_{cc} = indnttanza di corto circuito: *formula* (5 C); L_R = induttanza di rotore; L_S = induttanza di statore.
- M = mutuainduttanza per fase (coefficiente di mutua induzione).
- n = giri al primo.
- p = campi polari.
- P = potenza; $P_R = \Omega_0 C$: *formula* (3 G).
- R = resistenza per fase; R_{cc} = resistenza di corto circuito: *formula* (1 C); R_R = resistenza di rotore; R_s = resistenza di statore.
- s = scorrimento.
- t = tempo.
- V = tensione di fase (valore massimo).
- v = tensione di fase (valore istantaneo).
- W = energia.
- X_{cc} = reattanza di corto circuito per fase: *formula* (4 B).
- X_0 = reattanza a vuoto per fase.
- Z_{cc} = impedenza di corto circuito per fase.
- α = angolo di fase.
- θ = angolo tra le fasi di riferimento statorica e rotorica; θ_0 = lo stesso angolo nell'istante di inserzione.
- ϱ = decremento; ϱ' = decremento di statore: *formula* (7 C); ϱ'' decremento di rotore: *formula* (8 C); ϱ_0'' = decremento di rotore a vuoto; *formula* (1); ϱ_{cc} decremento di corto circuito: *formula* (6 C).
- η = fattore di potenza.
- Φ = flusso.
- $\omega = 2\pi f$ = pulsazione della tensione impressa.
- $\omega_R = p\Omega$ = pulsazione corrispondente alla velocità del rotore.
- Ω = velocità angolare del rotore; $\Omega_0 = \omega/p$ = velocità angolare sincrona.

BIBLIOGRAFIA

[1] R. E. DOHERTY: *A Simplified Method of Analyzing Short-Circuit Problems*. « Trans. A.I.E.E. », 1923, pag. 841.

[2] R. RÜDENBERG: *Elektrische Schaltvorgänge*. Berlino, Julius Springher, 1933.

[3] A. DALLA VERDE: *Le correnti di corto circuito nel macchinario elettrico durante il periodo transitorio*. « Rend. A.E.I. », 1934, pag. 39.

[4] G. DI VITO: *Il diagramma effettivo di funzionamento dei motori asincroni*. « L'Elettrotecnica », 1934, pag. 196.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

[5] Idem: *Contributo alla determinazione dell'intensità massima asimmetrica della corrente di corto circuito nelle macchine sincrone*. « L'Elettrotecnica », 1935, pag. 685.

[6] A. DINA: *Su alcuni fenomeni transitori nelle macchine elettriche*. « L'Elettrotecnica », 1938, pagg. 825 e 881.

[7] A. PARRINI: *La richiusura istantanea degli interruttori di linea*. « L'Energia Elettrica », 1939, pag. 481.

[8] A. M. WAHL e L. A. KILGORE: *Transient Starting Torques in Induction Motors*. « A.I.E.E. Summer Convention », 1940.

[9] S. B. TONIOLO: *Sul comportamento del motore ad induzione nel caso di brevi interruzioni dell'alimentazione*. « L'Elettrotecnica », 1943, pag. 181.

[10] G. DI VITO: *Uno speciale autotrasformatore per l'avviamento dei motori sincroni*. « L'Elettrotecnica », 1944, pag. 314.

[11] V. SAVAGNONE: *Considerazioni sulla reinserzione degli interruttori*. « L'Energia Elettrica », 1944, pag. 202.

NB. — Sulla richiusura istantanea si vedano inoltre le bibliografie riportate in fondo agli articoli dell'Ing. Parrini e dell'Ing. Savagnone.

LE NUOVE NORME SPERIMENTALI PER LA VERIFICA DEI COMPLESSI DI MISURA DELL'ENERGIA ELETTRICA

Chiarimenti alle nuove Norme.

Durante l'elaborazione delle ultime edizioni delle Norme per i Contatori e per i trasformatori di misura — Norme a cui i Decreti del luglio 1941 avevano poi dato valore di legge — era apparsa la opportunità di dettare una nuova serie di Norme per la verifica dei complessi di misura dell'energia elettrica già in opera, le quali fissassero anche i limiti per gli errori in tali complessi ammissibili e tollerabili. Le Norme CNR-CEI 13/2 per i contatori riguardano infatti essenzialmente le caratteristiche a cui i normali contatori ad induzione devono soddisfare per poter essere approvati e quindi messi in commercio a sensi dei ricordati decreti di cui le condizioni create dalla guerra, fecero poi rinviare a tempo indeterminato l'applicazione. Qualunque sia per essere la sorte oggi riservata a tali decreti, resta il fatto che le Norme da essi sanzionate non riguardano, e non potevano riguardare la miriade di contatori già in opera (valutati nel 1941 ad 8÷10 milioni!) per i quali neppure si potevano invocare le precedenti Norme CEI 13/2 (ed. 1934) in quanto anch'esse, destinate a disciplinare i rapporti fra costruttori ed esercenti, riguardavano i contatori nuovi, all'atto della loro uscita dalla fabbrica.

I criteri per giudicare l'attendibilità delle indicazioni dei contatori già in opera rimanevano pertanto del tutto discrezionali. I limiti ammessi per i loro errori erano (e sono) fissati, con criteri spesso assai diversi, nei contratti tipo degli enti distributori, oppure vengono stabiliti di volta in volta con speciali accordi nel caso di forniture di particolare importanza. Anche i procedimenti adottati per la loro verifica — procedimenti che possono sempre più o meno influire sui risultati ottenuti — erano lasciati del tutto all'arbitrio di chi eseguiva la verifica stessa: professionisti od enti privati, istituti di elettrotecnica delle nostre scuole di ingegneria ecc. ecc. Gli stessi uffici di Finanza ai quali è affidata la verifica dei contatori le cui indicazioni abbiano riflessi fiscali, applicavano spesso criteri e procedimenti diversi da provincia a provincia.

Constatata per queste ragioni, la necessità di disciplinare l'importante materia, il C.N.R. affidava al nostro C.E.I., e per esso al Sottocomitato 13 (Strumenti di misura), il còmpito di predisporre le nuove Norme. E le nuove Norme vengono in questi giorni pubblicate e diffuse « in applicazione sperimentale » come tutte quelle che il C.E.I. ha potuto condurre a termine in questi ultimi difficili anni.

*

Le nuove Norme che intendono precisare i limiti di errore ammissibili per i gruppi o complessi di misura (contatori ed eventuali trasformatori di misura) e le modalità fondamentali per la loro verifica, non hanno in genere bisogno di particolari commenti, salvo forse su due punti sui quali vogliamo qui richiamare l'attenzione dei lettori: la formula che stabilisce i limiti degli errori ammissibili e l'avvertenza relativa agli errori dovuti ai cavetti di collegamento fra i contatori e gli eventuali trasformatori di tensione.

Sul primo punto è ben noto come le caratteristiche e quindi gli errori dei normali contatori ad induzione siano influenzati in modo assai complesso dai valori della temperatura, della frequenza, della tensione a cui essi funzionano e soprattutto dall'entità relativa del carico e dal valore del fattore di potenza del carico stesso. Non è in nessun modo possibile tenere conto in modo razionale di tutti tali elementi, dato che la loro influenza dipende fra l'altro dai dati costruttivi del contatore stesso e dai dispositivi e dai criteri adottati per la sua taratura o regolazione iniziale. Per quanto concerne gli effetti delle variazioni di temperatura, di frequenza e di tensione è solo possibile — come si fa in tutte le Norme — fissare dei limiti entro i quali tali elementi devono essere contenuti all'atto della verifica del contatore, perchè i risultati della verifica stessa possano ritenersi attendibili. Si trattava pertanto di fissare i limiti degli errori ammissibili o tollerabili, in relazione all'entità relativa del carico integrato ed al valore del relativo fattore di potenza. Se non che di un terzo elemento si doveva tenere conto: l'importanza economica delle indicazioni del contatore o del complesso in esame che è evidentemente legata alla portata nominale del complesso stesso, ossia alla potenza nominale che esso può integrare. È ovvio che per un modesto contatore di 3 A e 110 V si possano tollerare errori percentuali alquanto maggiori di quelli ammissibili in un complesso di misura destinato ad integrare potenze di migliaia o di decine di migliaia di chilowatt. Se è vero infatti che, per il singolo modesto utente, anche gli errori del suo piccolo contatore, possono assumere, soggettivamente, notevole importanza, è ovvio che da un punto di vista generale oggettivo, una differenziazione si impone, tanto che di essa praticamente si tien conto in tutte le Norme estere esistenti in materia.

Per tener conto dei tre elementi: entità relativa del carico, fattore di potenza e portata nominale del contatore, di solito, nelle Norme straniere, i contatori vengono suddivisi in categorie a seconda della loro portata e per ciascuna di esse si dà una formula destinata a tener conto dell'entità relativa del carico e del fattore di potenza. Nelle nuove Norme predisposte dal SC 13 si è tentato di tener conto dei tre fattori con l'unica formula trinomia dell'art. 3-1-02 la quale precisa che gli errori percentuali ε del complesso in esame non devono superare il valore $\varepsilon = \pm (A+B+C)$, dove il termine $A = 2 + 2/P_N$ tiene conto della portata nominale P_N (kW) del complesso; il termine $B = 0{,}2\ P_N/P$ tiene conto dell'entità del carico P (kW), ed il termine $C = \tan\varphi$ tiene conto del fattore di potenza. Poichè il termine A potrebbe assumere valori eccessivi (per es. per un contatore di 1 kW ($P_N = 1$) risulterebbe $A = 27$!), viene fissato per il termine stesso un valore massimo di 4, quale cioè risulterebbe per $P_N = 12{,}5$ kW. L'applicazione della formula è assai semplice ed intuitiva. Così per es., per un contatore per $P_N = 100$ kW che funzioni a 1/5 di carico ($P = 20$ kW) con $\cos\varphi \geq 0{,}7$ (sen $\varphi = 1$),

Biblioteca nazionale centrale di Roma

risulta ancora ammissibile un errore di

$$\varepsilon = \pm (2{,}25 + 0{,}2 \times 5 + 1) = \pm 4{,}25\ \%\ .$$

Per lo stesso contatore, a pieno carico, $\cos\varphi = 1$, l'errore ammissibile si riduce a $\pm 2{,}45$ %. Per un complesso per 2000 kW che funzioni a metà carico con $\cos\varphi = 0{,}8$, risulta analogamente ε 3,75 % e così via. Il sottocomitato compilatore ha moltiplicato per suo conto gli esempi, traendone la convinzione che la formula proposta conduca mediamente a risultati attendibili; ma esso conta sulla fattiva collaborazione di tutti gli interessati e soprattutto dei tecnici delle Società distributrici che, in base alla loro diretta esperienza, possono dare preziosi consigli in argomento. È chiaro infatti che, con un eventuale ritocco delle costanti che figurano nella formula proposta, questa può probabilmente essere migliorata, meglio adattandola alle normali esigenze della pratica.

A dir vero di un quarto elemento la formula avrebbe dovuto tener conto: l'età dei contatori, o piuttosto il tempo trascorso dalla loro ultima revisione. Della cosa si preoccupano di fatto talune norme estere; ma si è temuto di giungere ad una complicazione eccessiva, e si è preferito largheggiare alquanto nei limiti degli errori desumibili dalla formula. Non è da escludere che si possa in futuro prescrivere o consigliare il numero di anni che dovrebbe intercorrere fra due successive revisioni; ma non va dimenticato che i contatori invecchiando tendono nella maggior parte dei casi, a segnare in meno, cosicchè gli enti distributori sono i più interessati ad una periodica revisione dei loro complessi di misura.

*

Le norme e le indicazioni relative agli *errori dovuti ai cavetti*, rappresentano una novità nelle Norme testè pubblicate. Come è ricordato nell'appendice alle Norme stesse, il « problema dei cavetti » è nato con le prime sottostazioni all'aperto, con le quali si è dovuto progressivamente aumentare la distanza fra i trasformatori di misura e gli strumenti da questi alimentati. E sta il fatto che oggi in molti importanti complessi di misura, l'errore dovuto alla caduta di tensione nei cavetti « voltmetrici », è in generale prevalente. Si danno dei casi in cui contatori e trasformatori, di ottima classe, risultano per se stessi praticamente esatti, mentre il complesso presenta errori anche di qualche per cento, dovuti esclusivamente ai cavetti. Le Norme non potevano, al riguardo, che richiamare l'attenzione sull'importante questione (art. 2-1-03) specificando in quali casi gli errori dovuti ai cavetti possono essere trascurati. Ma, data la relativa novità dell'argomento, si è ritenuto utile ricordare, in un'appendice, la genesi degli errori stessi e le formule ed i procedimenti pratici che consentono di tenerne conto. Come si vedrà, le formule per la correzione degli errori risultano estremamente semplici (secondo un procedimento generale dovuto al Prof. Bottani) quando ci si basi sui valori, facilmente determinabili, della potenza reale e della potenza reattiva richiesta dal complesso dei circuiti voltmetrici alimentati dai trasformatori di tensione.

*

Il Sottocomitato compilatore si augura che, da un primo periodo di applicazione sperimentale, possano ricavarsi molte utili indicazioni le quali consentano di migliorare ulteriormente le nuove norme, quando ad esse si potrà dare forma definitiva.

Il Presidente del S. C. 13
A. BARBAGELATA

Per il cambio di indirizzo inviare **Lire 16,—** unitamente alla fascetta vecchia.

LETTERE ALLA REDAZIONE

L'unificazione della frequenza.

Spett. Redazione de « L'Elettrotecnica ».

Nel n. 6 de « L'Elettrotecnica », pubblicato il 4 ottobre 1945, apprendo che da informazioni assunte Vi risulta che nell'Italia Centrale l'unificazione della frequenza verrà eseguita a 50 p/s.

Per l'esattezza Vi faccio presente che tale unificazione della frequenza nell'Italia Centrale è già un fatto compiuto essendo stata realizzata sin dal 1° agosto u. s.

Con il passaggio della frequenza da 45 a 50 p/s, in linea generale, sono state conservate le tensioni esistenti, fatta eccezione del caso particolare della alimentazione per gli stabilimenti siderurgici della Soc. « Terni » nella quale la tensione è stata sensibilmente aumentata allo scopo di attenuare, per quanto possibile, gli effetti della aumentata frequenza sul funzionamento dei motori ad induzione i quali, essendo adibiti al comando di macchini per trasporto e sollevamento di carichi e per ausiliari di laminatoi, richiedono elevate coppie di spunto e frequenti avviamenti ed inversioni di marcia a pieno carico.

Questo provvedimento sul regime tensione ha carattere provvisorio inquantochè in una futura sistemazione degli impianti utilizzatori in relazione al piano di ricostruzione delle centrali di produzione della Soc. « Terni », si è previsto di modificare la tensione di alimentazione con variazione proporzionale della frequenza.

Giova qui mettere in evidenza che con la modifica della tensione nel rapporto 50/45, non solo verranno eliminati totalmente gli inconvenienti di esercizio nei motori ad induzione derivati dal cambiamento di frequenza, ma si avrà anche il vantaggio di poter alimentare i motori stessi alla tensione unificata di 380 V in luogo di quella attuale ibrida di 330÷350 V.

Distinti saluti.

Terni, 5 novembre 1945. AMERIGO PAOLUCCI

LIBRI E PUBBLICAZIONI

E. RICCI: *Il segreto della propulsione a reazione*. Hoepli, Milano 1945, 1ª edizione. Un volume di 13 × 20 cm, di 256 pag., con 88 fig. - Prezzo L. 220.

La guerra è ancora troppo vicina perchè sia spento l'interesse per le F_1 e F_2, i proiettili razzo e aeroplani a reazione.

Si tratta di una tecnica nuovissima e il libro del Ricci viene tempestivamente a colmare una lacuna. Il volume è di carattere divulgativo e di facile e divertente lettura.

Dopo aver distinta la propulsione a razzo, quella di tipo pirotecnico, da quella a getto a termocompressione, l'A. suddivide il volume in due parti: la prima dedicata ai proiettirazzo; la seconda alla aero-propulsione a reazione. Particolarmente interessante questa seconda parte ove vengono presi in esame prima gli organi propulsori poi gli aerei muniti di propulsore razzo.

Mentre nei proiettili-razzo il materiale propulsore è un combustibile solido, nella termopropulsione si utilizza nella grande generalità dei casi combustibile liquido in ambiente comburente variabile da caso a caso. Le camere di combustione sono in genere precedute da qualche stadio di compressione a mezzo di pompe azionate per lo più dagli stessi gas combusti.

Va ricordato che da qualche anno in Italia dal 1941 ha funzionato, sia pure come prototipo, l'aereo Caproni-Cam-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

pioni a reazione, e come l'A. abbia progettato proietti a propulsori a reazione.

Al volume è aggiunta un'appendice in cui l'A., in seguito alla utilizzazione pratica della energia nucleare nella bomba atomica, dà una visione riassuntiva della produzione dell'energia nucleare e prospetta l'ipotesi di poter utilizzare questa energia atomica sia per i futuri aeroplani atomici a reazione sia per i proietti-razzo interplanetari.

*

A. WEGENER: *La formazione dei continenti e degli oceani.* (Einaudi, Torino, 1943, 2ª edizione. Un volume di 16×22 cm, di 320 pagine, con 63 fig.).

I paleontologi, i geologi, i botanici hanno dovuto constatare che i generi e le famiglie degli esseri viventi attualmente o che una volta esistevano sui più lontani continenti sono in molti casi gli stessi. Si sono riscontrati anche casi di specie e di individui identici. La ripugnanza a credere che in epoche ormai lontane abbiano avuto origine contemporaneamente sui primi lontani continenti esseri così simili o che tra i continenti esistessero «ponti» ora sommersi attraverso i quali si è effettuata la diffusione dei viventi, ha spinto il Wegener a pensare che i continenti fossero una volta uniti e costituissero un blocco unico. I frammenti di questo blocco allontanandosi gli uni dagli altri avrebbero dato origine agli attuali continenti. Questa idea è stata feconda di risultati e l'A. ne ha potuto provare la verosimiglianza con argomenti tratti dalla geodesia, geofisica, geologia, paleontologia, biologia, paleoclimatologia.

Nel volume vengono passati in rassegna tutti questi argomenti e vi si dà inoltre una teoria sulle forze che determinano la traslazione dei blocchi continentali.

Il volume è completato da ulteriori osservazioni sul Sial e sui fondi oceanici. La trattazione, pur essendo, in alcuni punti, di carattere prettamente tecnico non toglie il grande interesse che l'argomento desta anche nel lettore che non dedichi la sua normale attività a questi rami di scienza.

*

ARTURO UCCELLI: *Premesse fisiche e fondamentali del calcolo vettoriale.* (Hoepli, Milano, 1945, 1ª edizione. Un volume di 13 × 20 cm, di 360 pagine, con 46 fig. - Prezzo L. 220).

Sul calcolo vettoriale, spesso nelle scuole di applicazione per gli ingegneri, si danno nozioni sommarie come accessori o premesse ai corsi di analisi matematica di meccanica razionale e di elettrotecnica.

Le nozioni date in tale sede non sono, di solito, sufficienti alla facile interpretazione della numerosa bibliografia tecnica specie nel campo elettrico, ove si opera normalmente con vettori; e ancor più insufficienti al tecnico per la formulazione di problemi in termini vettoriali.

L'A. dice nella prefazione: «Col modesto lavoro che presento agli studiosi ed ai tecnici in special modo, non ho inteso colmare lacune di sorta, ma semplicemente giungere ai fondamenti del calcolo vettoriale come se questo fosse un derivato ed una necessità della fisica».

La strada seguita dall'A. non è quella comune. Invece di basarsi su elementi dottrinari ha preferito seguire il cammino sperimentale e dalla fenomenologia risalire alla costruzione della teoria dei vettori. L'A. seguendo questa traccia è riuscito a redigere un testo originale e che ben si adatta alla mentalità realizzatrice di chi si applica all'ingegneria. Il libro illustra l'applicazione fisica del calcolo vettoriale ed evita allo studioso la fatica delle ricerche per l'adattamento al mondo fisico della teoria quale si può apprendere sui testi classici, basilari nella dottrina dei vettori e della omografia.

Molte importanti Associazioni, a differenza dell'A E I, chiedono ai loro Soci il pagamento della quota annuale nell'autunno dell'anno precedente. Eseguire prontamente il versamento della quota vuol dire facilitare tutto il funzionamento amministrativo dell'Associazione

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

SOCI SOSTENITORI

Segnaliamo i nomi di Soci individuali che per primi hanno risposto all'appello del Consiglio Generale del 5 ottobre 1945 per i Soci sostenitori, versando, oltre alla quota sociale, una quota supplementare di L. 500 (per i Soci sostenitori collettivi la quota supplementare è di L. 2500).

Le adesioni continuano a pervenire numerose e nei prossimi fascicoli del giornale pubblicheremo ulteriori elenchi.

Sezione di GENOVA:

Amodeo Vincenzo.
Vedovato Luigi.

Sezione di MILANO:

Barbagelata Ing. Prof. Angelo.
Belotti Ing. Sante.
Bianchi di Castelbianco Ing. Franco.
Braghieri Ing. Carlo.
Cocini Ing. Tino.
Faletti Ing. Noverino.
Longoni Francesco.
Masella Ing. Angelo.
Meda Ing. Giovanni.
Migliau Ing. Elia.
Monacelli Lattanzi Ing. Ferdinando.
Palazzoli Comm. Federico.
San Nicolò Ing. Prof. Renato.
Semenza Ing. Prof. Marco.
Tedeschi Ing. Francesco.
Trotti Giovanni Battista.
Villa Ing. Mario.
Visin Gino.

Sezione di TORINO:

Guagno Ing. Enrico.

NORME C.N.R. - C.E.I.

Sono in distribuzione, presso l'Ufficio Centrale dell'A.E.I. i seguenti fascicoli di Norme:

NORME IN APPLICAZIONE SPERIMENTALE:

	Prezzo per i soci	per i non soci
S. 13 Turbine Idrauliche	L. 18.—	L. 25.—
S. 14 Interruttori c. a.	» 25.—	» 35.—
S. 15 Scaricatori	» 18.—	» 25.—
S. 16 Ebanite	» 10.—	» 15.—
S. 17 Materiali ceramici	» 18.—	» 25.—
S. 18 Mica e Micaniti	» 18.—	» 25.—
S. 19 Impianti all'aperto	» 10.—	» 15.—
S. 21 Complessi di Misura	» 18.—	» 25.—

NORME DEFINITIVE:

fascicolo 58 Segni grafici per telecomunicazioni	» 25.—	» 35.—
fascicolo 59 Segni grafici per trazione	» 25.—	» 35.—

Sino alla fine del mese di gennaio 1946 e limitatamente ad una copia di ciascun fascicolo, vengono ceduti ai Soci: i fascicoli 58 e 59 al prezzo di L. 9,— cadauno; i supplementi dall'S 13 all'S 21 (escluso l'S 20 in corso di stampa) gratuitamente a chi si rechi in Via S. Paolo n. 10, Milano, a ritirarli, oppure contro rimborso di L. 3,— per fascicolo, a copertura delle spese di imballo, postali e di segreteria.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VERBALE DELL'ASSEMBLEA GENERALE

Milano - 5 Ottobre 1945

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Verbale dell'Assemblea precedente.
2. - Relazione sul Referendum e provvedimenti conseguenti.
3. - Procedura per le modificazioni allo Statuto.
4. - Provvedimenti per la sistemazione del bilancio e modificazione delle quote sociali.
5. - Attività dell'Associazione, varie ed eventuali.

Sono presenti la Presidenza Generale al completo, meno i due Vice Presidenti *Focaccia* e *Cenzato*.

Presiede *Semenza*, Presidente Generale, col Segretario Generale *Barbagelata*.

1. - VERBALE DELL'ASSEMBLEA PRECEDENTE.

Ad invito del *Presidente*, il Segretario Generale legge il verbale già pubblicato ne « L'Elettrotecnica », che viene approvato senza osservazioni.

2. - REFERENDUM E PROVVEDIMENTI CONSEGUENTI.

Il *Presidente* comunica i risultati — già resi pubblici — del recente Referendum. Informa che il Consiglio Nazionale delle Ricerche ha dato la sua approvazione alla proposta di ritornare allo spirito ed al sistema elettivo del nostro antico Statuto. In quanto alla Presidenza — che è assai grata della manifestazione di fiducia tributatale dai Soci — il *Presidente* sottopone all'Assemblea la proposta del Consiglio Generale, che essa debba rimanere in carica almeno fino a tutto il 1946 per poter condurre a termine la modificazione e l'approvazione del nuovo Statuto.

Aperta la discussione prendono la parola *Ajani*, *Ferrario*, *D'Arbela*, *Ortu Carboni*, *Faletti*, ed alla fine la proposta del Consiglio viene approvata all'unanimità, dopo la precisazione richiesta da *Ferrario* che, qualora al 31-12-1946 si rendesse necessaria una ulteriore proroga, questa dovrebbe essere nuovamente sanzionata dall'Assemblea.

Viene approvato anche quanto proposto dal Consiglio nei riguardi delle Presidenze di Sezione.

3. - PROCEDURA PER LE MODIFICHE DELLO STATUTO.

Il Presidente *Semenza*, espone quanto fu approvato in proposito dal Consiglio Generale ed apre la discussione a cui partecipano ripetutamente *D'Arbela*, *Castellani*, *Faletti*, *Novelli*, *Rigalli*, *Federici*, *Ortu Carboni*, *Ferrario*, *Dalla Verde*, *Bottani*, *Bosisio*, *Sordelli*, oltre al *Presidente* ed a *Barbagelata* e *Redaelli*. Si manifestano due tendenze: una che, secondo la proposta *Semenza*, vorrebbe la nomina di una speciale Commissione Consultiva, di pochi membri designati dalle Sezioni in proporzione al rispettivo numero di Soci, la quale dovrebbe rivedere lo schema del nuovo Statuto predisposto dall'Ufficio Centrale, prima che esso venga diramato per essere discusso presso tutte le Sezioni, e dovrebbe poi vagliare, con la Presidenza, le osservazioni così raccolte, prima di addivenire alla redazione del testo definitivo da sottoporre al Consiglio Generale ed al *referendum* di tutti i Soci. L'altra tendenza riterrebbe — secondo la proposta di *Castellani* — non necessaria la Commissione speciale, affidandone le funzioni alla Presidenza Generale ed all'Ufficio Centrale. Si discute a lungo anche sul modo di costituire la Commissione e sulle modalità del suo intervento e del suo funzionamento. Alla fine le varie tendenze si unificano e l'Assemblea approva all'unanimità la proposta *Semenza*, con la precisazione che, a far parte della Commissione, debbano essere chiamati Consoci che, avendo attivamente partecipato alla vita ed all'attività dell'Associazione, bene ne conoscano le esigenze e le tradizioni.

4. - PROVVEDIMENTI PER LA SISTEMAZIONE DEL BILANCIO.

Il *Presidente* illustra le gravi condizioni del bilancio sociale e fa rilevare come la quota di lire 300 (per il contributo di ciascun socio individuale all'U. C.) proposta dal Consiglio Generale risulti già insufficiente di fronte ai nuovi aumenti verificatisi nelle spese per le pubblicazioni. Aperta la discussione *D'Arbela* informa come un *referendum* indetto fra i Soci della Sezione di Firenze abbia giudicata eccessiva anche la quota di L. 300,— e sia quindi da temersi una grande diserzione fra i Soci. Propone che si scinda l'Associazione dalla Rivista, tenendo bassa la quota sociale ed istituendo uno speciale prezzo ridotto di abbonamento per i Soci che vogliono ricevere « L'Elettrotecnica ». Dopo che *Barbagelata* ha ricordato come la proposta scissione sia stata varie volte studiata anche in passato, ma sempre scartata per la considerazione che la Rivista costituisce per la gran maggioranza dei Soci, l'unico vincolo che li fa partecipi della vita sociale, si apre la discussione generale, a cui partecipano ripetutamente, parlando in vario senso, col Presidente *Semenza* i Soci *Ortu Carboni*, *Pramaggiore*, *Faletti*, *Bottani*, *Redaelli*, *Ajani*, *Dalla Verde*, *De Antonellis*, *Bosisio*, *Mannino*, *Parrini*, *Bauchiero* ed altri. Prevale in generale il concetto che « L'Elettrotecnica » debba essere inviata sempre gratuitamente a tutti i Soci; che invece le Norme C.E.I. debbano essere pagate a parte; che comunque non convenga aumentare eccessivamente la quota dei Soci normali e che si debba far fronte alle aumentate necessità, ricorrendo più largamente ai Soci collettivi e intensificando la propaganda per aumentare il numero dei Soci sostenitori. In particolare *De Antonellis* fa presente le dolorose condizioni dei Soci della Venezia Giulia (*vivissimo, prolungato applauso*) ottenendo dal Presidente l'assicurazione che si farà tutto quanto sarà possibile per favorirli (*nuovo applauso*). Alla fine l'Assemblea approva a grandissima maggioranza la proposta del Consiglio Generale di portare a *trecento lire* il contributo all'U. C. di ciascun Socio individuale, aumentando in relazione i contributi delle altre categorie di Soci; di stabilire in *almeno 500 lire* la quota supplementare da richiedersi ai Soci sostenitori individuali e L. 2500 ai Soci collettivi e di *chiudere* temporaneamente le *iscrizioni a socio vitalizio* o perpetuo in attesa che si possa fissare definitivamente la somma da versarsi a tale scopo. Si approva anche che le Norme C.E.I. debbano essere pagate a parte dai Soci che le desiderano, mentre « L'Elettrotecnica » (od in sua vece l'« Alta Frequenza ») dovrà sempre essere data gratuitamente a tutti i Soci.

5. - ATTIVITÀ DELL'ASSOCIAZIONE.

Il Presidente *Semenza* comunica che il Consiglio Generale ha approvato di indire una *Riunione annuale* nella prossima primavera, lasciando alla Presidenza Generale di sceglierne la sede in base alle condizioni ed alle possibilità dei trasporti e degli alloggi. Nella riunione, oltre a discutere le memorie sulle macchine ruotanti già pubblicate in vista della mancata riunione del 1943, si dovrà trattare dei problemi della ricostruzione degli impianti, nel campo sia delle correnti forti, sia delle correnti deboli. In relazione a questo secondo punto è stato proposto che l'A.E.I. riprenda una antica iniziativa del Centro Volpi, mettendo in discussione un gruppo di relazioni sui problemi tecnici inerenti all'unificazione delle frequenze. Aperta la discussione, *Novelli* ricorda la gravità del problema nei riguardi degli impianti idrovori, *Dalla Verde* chiede che si metta in discussione, nella prossima riunione, anche l'unificazione delle tensioni, *Asta* rifà la storia del problema, informa che nell'Italia Centrale dal 17 agosto la frequenza è già stata portata a 50 p/s senza gravi inconvenienti (*bene!*), e che lo stesso si spera di poter fare quanto prima per l'Italia Meridionale. Dà notizia dei 5 Comitati regionali e del Comitato Nazionale istituiti dal Ministero dei LL. PP. per la ricostruzione degli impianti ed, in particolare, per l'unificazione della frequenza e delle tensioni, a cui dovrebbe seguire la normalizzazione del macchinario. *Sordelli* vorrebbe che l'A.E.I. nominasse una Commissione di Soci indipendenti da Società ed enti distributori col compito di presentare entro tre mesi proposte conclusive. Dopo vario scambio di idee si conchiude di includere nel programma della prossima Riunione il tema dell'unificazione delle frequenze e delle tensioni.

Il Presidente *Semenza* aggiunge che si riserva di prendere contatto coll'Autorità affinchè l'A.E.I. possa essere ufficialmente rappresentata nei Comitati Governativi. (*Consensi*).

Proseguendo nell'o.d.g. il *Presidente* dà un riassunto delle notizie finora raccolte, secondo le quali i Soci delle Se-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

zioni di cui si ha sicura notizia sono 4193; mentre 665 sarebbero quelli delle altre Sezioni.

Accenna alla discussione svoltasi in Consiglio in merito ai vari premi periodicamente messi in palio dall'A.E.I., di cui l'importanza economica è purtroppo assai ridotta, ma che conserveranno in ogni modo tutto il loro valore morale.

Infine il *Presidente* commemora i Consoci (*tutti si alzano*) della cui scomparsa si ebbe notizia dopo l'Assemblea dello scorso maggio. Essi sono:

Sezione di Firenze: Baracchi Ubaldo, Martelli Franco, Pollicina Ing. Giuseppe.

Sezione di Genova: Castelli Emilio, Giusto Giovanni.

Sezione di Milano: Damiani Amos, Fiorentini Felice, Maestroni Giordano, Pellicciari Ing. Decio Maria.

Sezione di Napoli: Melazzo di S. Giorgio Prof. Giovanni, Ricci Prof. Carlo Luigi, Trama Gabriele.

Sezione Pugliese: Elia Prof. Giuseppe, Nicastro Guidiccione Ing. Aldobrandino, Sallustio Giacomo.

Sezione di Roma: Ascani Renato, Brandimarte Ing. Alfeo (caduto per la Patria), Ortenzi Ennio, Passera Ing. Silvio.

Sezione di Torino: Borsarelli di Rifreddo Alfonso.

Sezione di Trieste: Sospisio Ing. Enrico.

Sezione Veneta: Carli Giovanni, Molinatti Ing. Carlo.

Dopo un minuto di raccoglimento, il *Presidente* chiede se qualcuno desidera ancora la parola. *Gnesutta* fa presente l'opportunità di accogliere e sviluppare in seno all'A.E.I. i gruppi di radiostudiosi che vanno qua e là costituendosi. *Semenza* dà assicurazioni in proposito ricordando che all'uopo è solo necessario di riprendere seriamente l'iniziativa già deliberata ed in parte attuata fino dal 1934. L'Assemblea approva e dà mandato alla Presidenza perchè predisponga proposte concrete al riguardo.

Nessun altro chiedendo la parola, il *Presidente* ringrazia gli intervenuti e toglie la seduta. (*Applausi*).

Il Segretario Generale — A. BARBAGELATA

Il Presidente Generale — M. SEMENZA

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI GENOVA

Per cortese invito della Direzione della Stazione Radio di Genova, i Soci della Sezione di Genova, hanno visitato il giorno 14 ottobre c. a. le Stazioni Radiotrasmittenti di Genova.

In rappresentanza del Direttore Ing. Alberico Cerruti, i Tecnici sig. Ronzitti e sig. Rossi hanno illustrato con profonda competenza gli impianti delle due Stazioni Radio.

Il Presidente della Sezione, ing. Bonaria, ha espresso ai Dirigenti della Stazione il compiacimento di tutti i Soci per la interessante visita.

*

La Sezione di Genova si è fatta promotrice di riunioni periodiche fra i Radiotecnici per lo scambio di comunicazioni sui progressi della Radiotecnica.

Sono state tenute due riunioni nei giorni di Lunedì 8 e Lunedì 22 ottobre c. a.

L'Ing. Alberico Cerruti, Direttore della Stazione di Genova della Radio Italiana ha parlato nella riunione inaugurale, intrattenendo gli intervenuti sui recenti progressi delle Radiotrasmissioni.

Le riunioni, alle quali hanno preso parte anche non Soci dell'A.E.I. hanno vivamente interessato molti radiotecnici e l'iniziativa promette favorevole sviluppo per la nostra Associazione.

*

La Sezione si è fatta promotrice di riunioni mensili riservate ai Soci della Sezione per conversazioni culturali su argomenti prestabiliti.

La prima riunione è stata tenuta il giorno 12 ottobre ed è stato discusso il tema: « Prospettive economiche delle industrie elettriche ».

* *

SEZIONE DI ROMA

La Sezione di Roma, nel riprendere le proprie riunioni culturali, ha desiderato che uno scienziato di particolare competenza intrattenesse i Soci sulle attuali questioni relative all'energia atomica, questioni che interessano ed appassionano tanto vivamente i tecnici di tutto il mondo.

Fu pertanto pregato in tal senso (nè la scelta poteva essere più felice) il Prof. Giulio Cesare Trabacchi, che con squisita cortesia aderì di buon grado ad illustrare ai Soci della Sezione Romana dell'A.E.I.: « **L'energia del nucleo atomico e la sua utilizzazione** ».

La riunione ebbe luogo martedì 9 ottobre corrente, alle ore 17, nella « Sala Borromini » messa gentilmente a disposizione, dall'Amministrazione Comunale di Roma.

La sala, nonostante la sua ampiezza, fu ben presto letteralmente gremita di scelto pubblico fra cui furono notati, il Sindaco di Roma, il Presidente della Deputazione Provinciale, alti Funzionari di vari Ministeri, e numerosissime personalità del mondo tecnico e scientifico della Capitale.

Il Presidente della Sezione, Prof. REBECCHINI, apre la riunione dicendo:

On.le Signor Sindaco, Signore e Signori.

Dopo oltre un biennio di forzato silenzio per i tragici eventi che hanno sconvolto la vita del nostro Paese e della città nostra, la Sezione Romana della Associazione Elettrotecnica Italiana riprende, con la odierna manifestazione, la sua pubblica attività colturale.

L'A.E.I. che iniziò la sua vita a Milano nel 1897, sotto la presidenza di Galileo Ferraris ha svolto, in 50 anni di attività, opera continua ed efficacissima, sia per l'incremento degli studi elettrotecnici in Italia, sia per far conoscere all'estero il prodotto del genio e del lavoro degli italiani che in questo campo hanno conquistato una indiscussa posizione di avanguardia.

Estranea ad ogni contrasto politico come a qualunque interesse industriale e commerciale, l'Associazione ha sempre conservato e difeso questo suo carattere d'indipendenza che le è conferito, del resto, dalla natura stessa della ricerca scientifica e tecnica, ed ha potuto così mantenere la sua struttura organizzativa al di fuori di ogni inquadramento corporativo che il passato regime tentò invano di imporle. La vita dell'Associazione si è sviluppata con la pubblicazione di due riviste tecniche — *L'Elettrotecnica* ed *Alta Frequenza* — riviste che sono lette col più vivo interesse in tutto il mondo, con l'attività delle sue 16 sezioni, con le riunioni annuali, con l'intervento a congressi e commissioni internazionali di studio, con la partecipazione ai lavori del Consiglio Nazionale delle Ricerche ed in particolare a quelle del Comitato Elettrotecnico Italiano che ha codificato le norme per i macchinari e gli impianti elettrici, norme rese ufficiali da disposizioni legislative.

Tale feconda attività — mai interrotta seppure necessariamente rallentata durante la guerra recente — viene oggi vigorosamente ripresa, nel rinnovato clima di libera democrazia del nostro Paese.

Dovendosi perciò dare inizio ad una serie di conferenze e comunicazioni tecniche è sembrato al Consiglio della Sezione di Roma che sarebbe stata di sommo interesse sia per i soci, che per il pubblico tecnico in genere, la trattazione di un argomento di particolare importanza ed attualità — l'utilizzazione dell'energia nucleare — fatto che, sebbene già previsto e si può dire anzi atteso dagli uomini di scienza, è apparso al mondo dei profani come la improvvisa e — per così dire — meteorica manifestazione di una potenza di eccezionale intensità, al confronto della quale impallidiscono gli effetti distruttivi degli esplosivi chimici finora conosciuti. Alla liberazione di tale energia — gelosamente custodita quasi misteriosamente celata nel microcosmo atomico, — si è giunti attraverso le ricerche di fisica nucleare, che iniziate con gli studi di Lord Rutherford sulla struttura atomica e con la scoperta della radioattività naturale da parte dei coniugi Curie, sono state proseguite in tutto il mondo da fisici eminenti come il Bohr, il Millikan, il Sommerfeld, il Compton ed il nostro Fermi. Chi ci parlerà di tale suggestivo argomento è il Prof. Giulio

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Cesare Trabacchi che fu già valido collaboratore del Fermi nelle sue ricerche ed il cui nome figura anzi fra i titolari del primo brevetto per la produzione di radioattività artificiale mediante bombardamento con neutroni, brevetto che — si noti bene — reca la data dell'ottobre 1934.

Del resto il Prof. Trabacchi non ha bisogno di presentazione. Molti di noi lo hanno avuto maestro nelle aule universitarie, molti conoscono le sue qualità di studioso appassionato e di acuto ricercatore, che si manifestano nella sua diuturna opera di capo del laboratorio di Fisiche dell'Istituto Superiore di Sanità.

Il Prof. Trabacchi tratterà quindi l'argomento con la sua profonda competenza e la sua nota chiarezza espositiva, e di questo lo ringrazio fin d'ora a nome dell'Associazione.

Nè posso esimermi dall'esprimere il mio ringraziamento al Prof. Marotta, Direttore dell'Istituto Superiore di Sanità per il valido interesse da lui preso all'odierna manifestazione.

La gratitudine dei soci della Sezione di Roma, va anche alle Autorità che col loro intervento hanno voluto onorarci, e particolarmente al Sindaco, ed al Presidente della Deputazione Provinciale.

Ed ora, prima di dare la parola all'amico Trabacchi, mi si consenta di esprimere l'augurio che la nuova sorgente di energia, oggi paurosamente apparsa sull'orizzonte delle applicazioni tecniche, possa essere per sempre distolta da ogni scopo di distruzione e di morte e sia rivolta invece solo ad opera di bene per la nostra povera e tormentata umanità. Solo in tal modo dalla disintegrazione della materia potrà scaturire la tanto auspicata fusione degli spiriti e gli uomini si eleveranno ad un più alto grado di civiltà, di reciproca comprensione, di dignità sociale e morale, aspirazione angosciosa di tutti i popoli che troppo hanno pianto e sofferto, certezza assoluta di coloro che hanno ancora una fede nella buona volontà degli uomini e nel loro superiore destino.

*

Prese quindi la parola il Prof. TRABACCHI che, seguito nella sua chiara e dotta esposizione al vivissimo interesse dell'uditorio, fu alla fine salutato da coloroso e nutrito applauso e fatto segno ai complimenti più vivi.

Al termine della conferenza, che per gentile concessione dell'Autore è stata integralmente riportata sul nostro giornale nel N. 10 dell'ottobre 1945, numerosi intervenuti si rivolsero al Prof. Trabacchi per ulteriori notizie e particolari ed egli, con la sua abituale cortesia e cordialità, fu con tutti prodigo di dati e di informazioni.

NECROLOGIO

A Parma, dopo un'operazione chirurgica, quando sembrava che la Sua forte fibra avesse avuto ragione del male, è scomparso a soli 47 anni,

Ing. RICCARDO SAINI

Consigliere Delegato della Società Emiliana Esercizi Elettrici.

Nato a Gravedona Lomellina compì i Suoi studi a Novara e quindi a Torino nel cui Politecnico si laureò brillantemente in ingegneria, dopo aver adempiuto il Suo dovere quale combattente nella guerra 1915-1918 come valoroso Ufficiale di Artiglieria.

Apparteneva alla nostra Associazione — Sezione di Milano — fino dal 1928 ove contava una numerosa schiera di amici per il carattere franco e gioviale. Assiduo alle nostre riunioni, sapeva animare le discussioni col Suo spirito acuto e vivace.

Iniziò la Sua carriera presso le Imprese Elettriche Conti ove si distinse subito per la prontezza e versatilità del Suo ingegno e per la tenacia e costanza al lavoro.

Passato all'Ufficio Commerciale della Edison dopo la fusione della Conti nella Edison, anche qui seppe subito affermarsi per lo spirito equo e sagace posto nelle trattative, per il suo tratto fine e signorile e per il pronto intuito e la capacità organizzativa nel servizio di distribuzione di energia elettrica, cosicchè ancora giovanissimo venne nominato Direttore Generale e Consigliere Delegato della Società Esticino, carica che tenne per oltre 15 anni fino al settembre di quest'anno con rara competenza.

Egli ha saputo farsi altamente apprezzare dal personale il quale, per l'esempio al lavoro, lo scrupolo e il rigido attaccamento al proprio dovere, ammirava in Lui il superiore rigido e capace che sapeva temperare la giusta severità con l'umana comprensione dei bisogni altrui.

E scomparso improvvisamente quando, raggiunta la maturità, si apprestava a dare il contributo della Sua esperienza, del suo lavoro tenace ed infaticabile e del Suo ingegno fattivo e volitivo alla Società Emiliana Esercizi Elettrici della quale era stato nominato Consigliere Delegato.

Lascia in un rimpianto che non conosce conforto la moglie e la bambina. I colleghi e quanti collaborarono con Lui serberanno un profondo caro ricordo, ed in modo particolare i soci della A.E.I. ricordano in Lui l'Amico cordiale ed il valoroso Collega.

ATTIVITÀ DELLE SEZIONI

SEZIONE DI FIRENZE (Via delle Belle Donne, 9).

15 dicembre - ore 17,15, nella « Sala del Poccetti » presso la Sede del Collegio Ingegneri (Palazzo Capponi, Lungarno Guicciardini n. 1), il Comm. Carlo Barbieri su « Il commercio dalla repubblica fiorentina ad oggi ».

SEZIONE DI GENOVA (Piazza Fontane Marose, 6 - Palazzo Spinola).

10 dicembre - ore 18: Ing. Oscar Tietz su « Modulazioni di frequenza ».
14 dicembre - ore 21: Ingg. Ettore Di Roberto e Massimo Merega su « L'industria elettromeccanica ligure ».
17 dicembre - ore 18: Ing. Francesco Frisoni su « L'oscillografo a raggi catodici nella radio ».

SEZIONE DI MILANO (Via S. Paolo, 10).

17 dicembre - ore 20,30: il dott. ing. Tranquillo Novelli su « L'unificazione della frequenza sui diagrammi collinari di turbine e pompe ».

SEZIONE DI ROMA (Via Terme di Diocleziano, 90).

30 dicembre - ore 10: in prima convocazione ed alle ore 11 in seconda convocazione, presso la Facoltà d'Ingegneria della Università, via Eudossiana n. 18, Assemblea Generale dei Soci.

SEZIONE DI TORINO (Piazzetta Mad. degli Angeli, 2).

21 dicembre - ore 17,15 in prima convocazione ed alle ore 17,30 in seconda convocazione, Assemblea Generale Ordinaria dei Soci. Dopo l'Assemblea il prof. ing. Carlo Palestrino parlerà sul tema: « La produzione dell'energia elettrica in Italia ieri ed oggi ».

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 4-6-1945

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 77 D
Accumulazione dell'energia - Applicazioni termiche - Applicazioni varie - Condutture - Convertitori, raddrizzatori, ecc. - Costruzioni elettromeccaniche - Elettrofisica e magnetofisica - Elettrotecnica generale - Generatori e motori sincroni - Impianti.

SUNTI E SOMMARI (*)

ACCUMULAZIONE DELL'ENERGIA.

W. Lippe. — **Carica automatica delle batterie per illuminazione di segnalazione o di riserva.** (A.E.G. Mitt., gennaio-luglio 1944, pag. 13 a 17, con 2 fig.). **2 b**

Nelle centrali e negli impianti industriali la questione del modo di effettuare la carica delle batterie per i servizi ha grande importanza. Tali batterie devono essere economiche, occupare poco spazio e richiedere poca sorveglianza; tuttavia si deve essere sicuri che in ogni momento sia disponibile almeno l'85 % della capacità di una batteria e l'impianto deve essere nel complesso indipendente dalla tensione alternata di alimentazione, dal carico sulla rete di utilizzazione e dalla attenzione del personale. Il vecchio sistema di installare due batterie di cui una in servizio e l'altra sotto carica o in riserva era sicuro ma aveva degli inconvenienti: forte spesa di impianto, grande ingombro, esigenza di attiva ventilazione, spesa continua di manutenzione e sorveglianza. Un perfezionamento è rappresentato dal sistema a unica batteria con commutatore automatico di inserzione o disinserzione di uno o più elementi secondo che la tensione della batteria diminuisce o aumenta; il sistema richiede una attenta sorveglianza e una apparecchiatura costosa. Il sistema a carica continua è un sistema di carica con inserzione a tampone col quale la sorgente di corrente e la batteria sono costantemente collegate con l'utente: le piccole punte di carico sono sostenute dalla batteria, mentre il carico normale e la piccola corrente per mantenere la carica della batteria sono forniti dalla sorgente. Questo sistema, noto da tempo, si è diffuso specialmente negli ultimi anni. Per la carica continua automatica si possono usare molti sistemi: bobine a scatto, trasformatori a risonanza, alimentazione con relè di corrente o di tensione, raddrizzatori a mercurio con griglia di comando in collegamento con misuratori di tensione. In questi ultimi tempi si è diffuso il sistema a raddrizzatore con alimentazione a relè sensibile alla tensione, con un relè di comando sensibile alla corrente; il sistema ha il vantaggio di essere completamente indipendente dalle oscillazioni della tensione alternata di rete perchè la carica è alimentata, grazie ai relè, direttamente in relazione alla tensione della batteria stessa. L'A. osserva anzitutto che non è necessario raggiungere una certa tensione per elemento, per essere sicuri che la batteria sia caricata completamente: la tensione finale di carica è tanto più bassa quanto più piccola è la intensità della corrente di carica: si può così ottenere tensioni finali tra 2,7 e 2,4 V per elemento; per la carica completa è necessaria una certa quantità totale di corrente e quindi con piccole correnti si richiede un tempo più lungo. Naturalmente il valore minimo della corrente di carica è limitato dalla corrente spontanea di scarica la quale può ritenersi circa eguale a 0,2 della corrente di scarica in 3 ore. Il sistema, di cui l'A. si occupa, presenta diversi vantaggi; essendo la batteria collegata costantemente con il raddrizzatore, la tensione degli elementi si mantiene intorno a 2,2 V ed è perciò possibile ridurre il numero degli elementi da installare; il raddrizzatore può essere di potenza minore che con gli altri sistemi; l'apparecchiatura è semplice e l'impianto riesce poco costoso; non vi è necessità di una continua sorveglianza; il valore massimo della tensione di carica arriva a 2,35 V per elemento e perciò la batteria non dà quasi luogo a svolgimento di gas e le piastre hanno una durata maggiore; siccome il raddrizzatore fornisce anche la debole corrente per il mantenimento della carica, è evitato il pericolo della solfatazione delle piastre; in caso di interruzione della corrente alternata la utenza si trova già inserita sulla batteria senza bisogno di manovre di commutazione. L'A. si diffonde a descrivere il funzionamento di questo tipo di impianto e le caratteristiche da dare alla apparecchiatura relativa, il proporzionamento del raddrizzatore ecc. Passa poi a esporre qualche cenno intorno alle così dette batterie alcaline: quelle al ferro-nichel non si prestano per la carica continua; le batterie al nichel-cadmio con elementi tubulari sono usate molto di rado in impianti fissi; quelle nichel-cadmio con elementi a vaso hanno una tensione di riposo di circa 1,35 V che sale a 1,4 V appena viene applicata una sorgente di corrente; la tensione finale di carica è di 1,8 V per elemento, in confronto a 2,7 V per gli elementi al piombo. L'A. presenta e descrive un circuito completo normalizzato per una batteria di 106 elementi e 20 A con relativo raddrizzatore a vapori di mercurio e apparecchiatura automatica, e ne descrive il funzionamento e le caratteristiche. *N.*

APPLICAZIONI TERMICHE.

M. Zeh. — **Saldature autogene dei fili nella tecnica delle telecomunicazioni.** (A.E.G. Mitt., settembre-dicembre 1943, pag. 43 a 48, con 12 fig.). **5 d**

La introduzione della saldatura autogena elettrica al posto della saldatura a forte negli apparecchi per telecomunicazioni non importa grandi modificazioni costruttive mentre permette di risparmiare zinco, e di accelerare le lavorazioni. Naturalmente il nuovo metodo di lavorazione ha richiesto un certo tempo di tirocinio e di preparazione. Particolari difficoltà di montaggio degli apparecchi non si sono incontrate potendosi in generale effettuare il montaggio dopo avere già eseguito i necessari collegamenti saldati. Numerosi esempi di costruzioni per apparecchiature telefoniche sono illustrati mettendo in evidenza la lavorazione con saldatura elettrica autogena eseguita coi nuovi apparecchi portatili a pinza della A.E.G. Un dispositivo con 22 collegamenti saldati ha conservato le sue forme e dimensioni anche quando si è passati dalla saldatura a forte a quella elettrica per resistenza. Altri piccoli apparecchi comprendono 46 posti di saldatura e sono pure eseguiti colle pinze saldanti a resistenza elettrica. È pure presentato un gruppo di piastre portanti resistori e condensatori, nelle quali si è esclusivamente adoperata la saldatura elettrica a resistenza, con minime modificazioni alla forma delle parti da saldare rispetto a quando si usava la saldatura forte. Molti altri esempi di passaggio dalla saldatura a forte a quella elettrica a resistenza sono illustrati. Talvolta però è preferibile attenersi ancora alla saldatura a forte, come per pezzi destinati ad essere poi separati per prove o per modificazioni. È opportuno predisporre in modo adatto alla maggior parte dei casi gli elementi destinati all'esecuzione della congiunzione saldata (intagli, occhielli ecc) e l'A. ne illustra alcune forme convenienti. Questi elementi sono predisposti in serie di varie misure; come materiale si usa l'ottone o anche l'acciaio ramato o zincato; con l'acciaio però si esigono certe precauzioni quando i pezzi saldati debbono poi venire sottoposti a scosse o a vibrazioni. È sempre bene disporre il montaggio degli apparecchi in modo

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

che le giunzioni saldate siano facilmente ispezionabili e si trovino, se possibile, alla superficie dell'apparecchio o del pezzo montato. La saldatura di testa viene usata per lo più con elementi di acciaio; viene citato l'esempio di un apparecchio richiedente 14 saldature e per il quale, con la saldatura a forte si richiedevano 250 grammi di zinco ogni 100 pezzi; con l'adozione della saldatura elettrica a resistenza il consumo dello zinco si ridusse quasi a nulla. Come verifica delle saldature basta esaminarle con una lente. N.

W. Glage. — **Piccoli dispositivi A.E.G. per saldatura autogena e a forte.** (A.E.G. Mitt., settembre-dicembre 1943, pag. 33 a 43, con 26 fig.). 5 d

I nuovi dispositivi di saldatura che vengono descritti sono stati studiati per vari scopi che ne giustificano l'introduzione accanto ai noti dispositivi di saldatura a forte per fili, nastri ecc.: la scarsità di zinco imponeva saldature senza zinco o povere di zinco; la durata dell'operazione doveva essere abbreviata, e la qualità della saldatura migliorata; si dovevano congiungere fra loro materiali che male si prestano alla saldatura a forte. La saldatura elettrica a resistenza, data la buona conduttività dei materiali in gioco, richiede forte intensità di corrente e quindi conduttori di alimentazione di grande sezione che rendono poco maneggevoli gli apparecchi portatili. Nei nuovi apparecchi lo sviluppo del calore è concentrato negli elettrodi che sono formati di carbone che, per la maggior resistività e la minore conduttività termica, vengono portati rapidamente ad alta temperatura anche da correnti di limitato valore. I nuovi apparecchi possono infatti funzionare con correnti di 20 a 200 A; essi riescono perciò piccoli e leggeri: la pinza saldante pesa soltanto 250 g ed è lunga 27 cm. L'apparecchio viene comandato premendo un tasto; la pressione esercitata con la mano non viene però trasmessa agli elettrodi direttamente ma per mezzo di molle regolabili, cosicchè è possibile riprodurre sempre esattamente una data pressione riconosciuta opportuna per una operazione e messa a punto una volta tanto; la pressione fra gli elettrodi è regolabile fra 400 e 3500 g. È possibile anche escludere la molla e esercitare inizialmente a mano una leggera pressione alla quale poi far succedere l'azione della molla. Nella pinza si montano in generale elettrodi di carbone ramato di forma conica, in casi speciali anche a sezione quadrata ecc. Si distinguono 3 categorie di carboni a seconda della temperatura che si vuol raggiungere come è opportuno quando si saldano elementi di diversa capacità termica (fili più o meno grossi). Secondo il tipo di saldatura un elettrodo di carbone può durare da 50 a 1000 saldature. Per studiare l'andamento delle correnti di saldatura si sono rilevati alcuni oscillogrammi con diversa tensione applicata: la corrente di saldatura sale dapprima rapidamente e tanto più quanto maggiore è la tensione; all'atto che si raggiunge la temperatura di saldatura l'operazione viene automaticamente interrotta dall'azione di un relè; a parità di valore di corrente finale, la durata dell'operazione è tanto più breve quanto più rapido è l'aumento della corrente di saldatura; a 50 p/s, nell'esempio riportato, si passa da 14 a 70 periodi. Per l'esecuzione di una buona saldatura è importante che, appena raggiunta la temperatura necessaria, la corrente venga interrotta e la saldatura finita, affinchè il materiale fuso non abbia a defluire via. Per ottenere una rapida interruzione in caso di saldatura di breve durata, si fa percorrere direttamente alla corrente di saldatura la bobina di un relè a massima corrente, tarabile caso per caso, che interrompe il primario del trasformatore. L'A. riporta le fotografie di saldature di fili per mettere in evidenza la importanza di un esatto dosaggio della corrente e del tempo di esecuzione. In un diagramma sono rappresentate le influenze dei vari elementi (intensità di corrente, tempo e pressione di saldatura) sulla esecuzione; il diagramma fornisce le direttive per la scelta opportuna dei rispettivi valori nei diversi casi. Assai importante, per la scelta del tempo e della quantità di energia da addurre, è la capacità termica delle due parti da unire e la possibilità della diffusione del calore via dal punto di saldatura; le condizioni possono essere molto diverse da caso a caso. Anche la pressione esercitata fra gli elettrodi ha grande importanza; è però possibile con la stessa pressione saldare diversi materiali se si varia la tensione applicata e la durata di applicazione. Essenziale è anche una buona preparazione dell'operatore. L'A. illustra una quantità di applicazioni: saldatura di occhielli di ottone a fili di rame, saldatura di un filo di rame fra due molle di bronzo, saldatura di fili di rame a occhielli di ferro ramato, ecc. Sostituendo gli elettrodi di carbone con altri tipi si possono effettuare con gli stessi apparecchi vere saldature a resistenza per punti, però soltanto per lamiere sottili o fili di piccolo diametro. Coll'impiego di leghe saldanti o di un nastro di ottone si possono anche eseguire saldature a forte. Si possono pure realizzare saldature con grande risparmio di zinco o anche facendo a meno di tale metallo. Con qualche leggera modificazione i piccoli apparecchi descritti si prestano pure a realizzare saldature di testa. N.

APPLICAZIONI VARIE.

A. Guinet. — **La radiologia industriale al laboratorio di prove del Conservatoire national des Arts et Métiers.** (R.G.E., dicembre 1943, pag. 361 a 365). 6 b

Dopo avere insistito sulla importanza delle applicazioni della radiografia nella industria, l'A. descrive quanto viene fatto in proposito nel laboratorio citato. Si stanno attualmente modernizzando le installazioni di radiografia per le quali è prevista l'installazione di un nuovo tubo a raggi X da 500 kV. I lavori che il laboratorio effettua hanno in generale un carattere speciale, lasciando agli impianti locali delle singole officine i controlli correnti dei pezzi di fonderia, ecc. Progressi interessanti sono stati compiuti circa il grado di finezza delle immagini radiografiche. Bisogna a tale scopo ridurre la estensione della sorgente dei raggi e avvicinare il più possibile la lastra all'oggetto; si diminuisce così l'effetto di penombra. Il problema consiste nel focalizzare il più possibile gli elettroni emessi dal filamento catodico sulla più piccola superficie possibile dell'anticatodo; adottando un sistema analogo a quello usato negli oscillografi a raggi catodici, si è riusciti ad ottenere una macchia catodica dell'ordine di qualche decimo di millimetro, migliorando così grandemente la finezza delle immagini. Inoltre è necessario che lo spessore dell'oggetto sia piccolo; esso deve essere dell'ordine di 1 mm per le fotografie destinate ad essere esaminate all'occhio nudo, di 0,1 mm per quella da esaminare con la lente, e di 0,01 mm per le microradiografie destinate ad essere esaminate sotto ingrandimenti di 100 a 600 volte. Bisogna quindi adoperare pellicole fotografiche speciali a grana finissima o senza grana. Inoltre per ottenere buoni dettagli dei piccoli particolari bisogna usare raggi di grande lunghezza d'onda; i tubi ordinari per tensioni superiori a 50 kV hanno finestre in vetro spesso che assorbono i raggi molli che si vogliono utilizzare, cosicchè bisogna ricorrere a tubi con finestre molto trasparenti, come quelli usati per radiocristallografia. Un'altra direttiva moderna è quella di utilizzare la radiografia anche per trarne dati quantitativi, confrontando l'annerimento delle diverse zone della radiografia con quello di fotografie campione ottenute con schermi di spessore e composizione noti. Si può usare semplicemente un fascio policromatico prodotto da un tubo di tipo corrente, o meglio un fascio monocromatico; con quest'ultimo sistema si è potuto ad esempio eseguire l'analisi di leghe binarie (e anche ternarie) punto per punto, non superando la superficie esplorata 0,003 mm². L'A. espone alcune notizie su lavori eseguiti. Lo studio di fermagli da cinture trovati in tombe carolingie ha permesso di riconoscere non soltanto i bassorilievi che vi erano sotto il grosso strato di ossido ma anche che essi erano di argento su fondo di rame. Altri esempi sono quelli dello studio di lingotti di rame colati in varie maniere, di lingotti di duralluminio dove, su sezioni sottili, si riconobbe la segregazione di rame, ecc. Un altro vasto campo di applicazioni è dato dalla radiocristallografia che permette di distinguere i vari composti presenti in una polvere e le varie forme allotropiche di una stessa specie chimica. Alcuni esempi sono citati. L'analisi cristallografica permette di riconoscere i vari tipi di carburi di tungsteno e la proporzione con cui sono presenti in un pezzo di utensile. Sono stati esaminati alcuni campioni di ferro che all'analisi chimica non davano differenze mentre una proprietà fisica era assai diversa da uno all'altro; si è riconosciuta la presenza di ossidi di ferro e se ne è determinata la quantità; si è

Biblioteca nazionale centrale di Roma

anche potuto determinare la formula chimica di vari ossidi, ciò che l'analisi chimica non avrebbe potuto fare. Si può anche determinare la maglia cristallina con grande precisione e così ad esempio determinare il dosaggio delle leghe oro-rame su un rivestimento sottilissimo; si può riconoscere se un oggetto è allo stato incrudito o ricotto, ecc. *Ri*

F. Oertel. — **L'albero elettrico.** (E. u. M., 26 settembre 1943, pag. 569 a 579, con 18 fig.). **6 c**

Il così detto albero elettrico è costituito da due motori asincroni connessi entrambi alla rete di distribuzione trifase; le fasi corrispondenti dei due rotori sono fra loro connesse; il centro stella è aperto cosicchè non può verificarsi nessun momento, nessun avviamento. Il dispositivo equivale a due trasformatori inseriti in parallelo e non caricati, connessi in modo che i vettori delle due tensioni secondarie siano opposti fra loro ed eguali; essi assorbono soltanto la corrente magnetizzante. Se si immagine di spostare di un angolo 2α gli alberi dei due motori, in senso contrario l'uno all'altro, dalla loro posizione di equilibrio, si genera un momento resistente che cresce con l'angolo 2α e tende a riportare i due rotori alla posizione primitiva; il momento è dovuto allo sfasamento dei due vettori delle tensioni rotoriche. Il rotore spostato nel senso del campo funziona da generatore e quello spostato contro il campo funziona da motore; nel complesso danno luogo a un momento che rappresenta l'effetto dell'albero elettrico. Analogamente a quanto succede in un albero meccanico sollecitato da un eccessivo angolo di torsione anche l'albero elettrico può rompersi, cioè perdere la stabilità e ridurre o annullare il momento trasmesso; il massimo momento trasmissibile si raggiunge per $\alpha = \pm 90°$, mentre per $\alpha = 180°$ (gradi elettrici) il momento si annulla. Le considerazioni fatte per il caso dei due motori in posizione di riposo, valgono anche nel caso in cui essi si trovino in marcia e hanno per conseguenza il fatto che i due rotori tendono a muoversi in modo eguale come che fossero congiunti da un albero meccanico. Ogni rallentamento o accelerameto di un motore si ripercuote in una eguale variazione del movimento dell'altro, permettendo così di mantenere in marcia con eguale numero di giri due macchine comandate, a distanza, dai due motori. Contrariamente all'albero meccanico per il quale l'effetto di eguaglizzazione dei giri è indipendente dalla velocità, cioè dal numero dei giri/min stessi, nel caso dell'albero elettrico il massimo momento eguaglizzatore che si può trasmettere va diminuendo coll'approssimarsi del numero dei giri/min al valore corrispondente al sincronismo. Nello schema più semplice e generale ogni motore di comando è connesso rigidamente con l'albero di una apposita macchina di regolazione e sono queste due macchine che realizzano effettivamente l'albero elettrico. In molte applicazioni basta ottenere che i due motori si avviino contemporaneamente e basta allora lo schema semplice fin qui considerato. Ma in altre applicazioni si richiede che i due motori risultino come rigidamente collegati anche durante il funzionamento e quindi quando il numero dei giri è prossimo al sincronismo. Per raggiungere questo scopo si possono costruire le due macchine di accoppiamento con un numero di poli minore di quello dei due motori in modo che esse restino abbastanza lontane dal sincronismo anche quando questi hanno il loro numero di giri normale, e così possano sviluppare una sufficiente coppia di eguaglizzazione. Un'altra soluzione si può ottenere inserendo le macchine eguaglizzanti in modo che siano fatte girare dai motori principali in senso opposto al loro campo ruotante: in tal modo il momento di eguaglizzazione si mantiene quasi costante fino ai giri normali. Un ulteriore passo si può fare disponendo le cose in modo che i due motori principali siano muniti di un unico organo di avviamento comune. Si può anche arrivare a sopprimere le due macchine eguaglizzatrici affidando tale compito direttamente ai due motori principali stessi opportunamente connessi. Un problema che si presenta è quello di evitare che fra i due motori, cioè nell'albero elettrico, si manifestino pendolazioni. Si possono a tale scopo usare parecchi accorgimenti e l'A. illustra alcuni schemi in proposito: inserzione dei motori con due sole fasi inserite e la terza aperta; collegamento in serie degli avvolgimenti statorici; alimentazione in corrente continua. Vengono poi ricordate parecchie applicazioni importanti dell'albero elettrico. Un ponte sollevabile di 90 m di luce è manovrato alle due estremità da due motori da 30 kW connessi ad albero elettrico. Nell'industria della gomma si usa l'albero elettrico per manovrare i cilindri dei laminatoi per regolarne lo scartamento con grande facilità e precisione. L'albero elettrico può collegare non soltanto due motori ma anche più. Si possono così comandare esattamente gruppi di macchine destinate a compiere lavori in serie l'una all'altra. Tale è il caso di un gruppo di 3 carde in una filatura. Nell'industria della stampa l'albero elettrico è applicato nelle rotative per comandare i cilindri e i rulli fornitori e avvolgitori del nastro di carta, per evitare strappamenti o deformazioni della carta stessa. Altre applicazioni sono citate nell'industria dello zucchero, nella preparazione del polverino per impianti di caldaie, ecc. Queste varie applicazioni sono descritte con qualche dettaglio e discusse nelle loro caratteristiche ed esigenze particolari. *N.*

CONDUTTURE.

F. Kaiser. — **Osservazioni di esercizio sui cavi ad alta tensione.** (E.T.Z., 2 dicembre 1943, pag. 620 a 625, con 6 fig.). **9 d**

Dai rilievi statistici eseguiti su grandi reti di cavi si osserva che il numero dei guasti che si verificano non rimane costante nel tempo perchè i guasti richiedono più o meno tempo a manifestarsi e quindi andando avanti si risente sul complesso la influenza dei nuovi cavi più perfezionati; non vi è neanche un rapporto preciso fra numero di guasti e sviluppo della rete, tantochè il cosidetto « numero specifico di guasti » presenta da una rete all'altra fortissime variazioni. I guasti nella camicia dei cavi ad alta tensione possono in generale ricondursi a 3 cause: corrosione, circolazione di corrente, invecchiamento. Le corrosioni possono spesso derivare dal contenuto di fenolo nel catrame, specialmente nei cavi in piombo senza protezione; a questo proposito si è riconosciuto che i guasti cominciano in punti localizzati e poi rovinano tutta la camicia di piombo, quindi con prove di tensione si può riconoscere l'inizio dei guasti e prevenire il loro estendersi; si è pure riconosciuto che le corrosioni di questo genere possono essere evitate mediante opportuni rivestimenti protettivi o adoperando bitume anzichè catrami di carbone a basso punto di ebollizione. I guasti dovuti a circolazione di corrente nella camicia di piombo, noti da tempo nei cavi a corrente continua, si manifestarono solo più recentemente in quelli a corrente alternata; essi sono dovuti a imperfezioni di montaggio dei cavi nelle muffole e alla formazione di archi in caso di una messa a terra con conseguente fusione dello strato di piombo e successiva entrata di umidità. I guasti per invecchiamento sono dipendenti dalle scariche luminescenti che si formano negli spazi vuoti entro l'isolamento del cavo. L'invecchiamento può manifestarsi in due forme. La prima si manifesta nei cavi costruiti sul principio del cavo a unico conduttore, quindi nei cavi a triplice camicia e in quelli tipo H; se alla superficie dei conduttori si trovano spazi vuoti, si formano scariche a bagliore che producono perforazioni sottili che si rivestono di prodotti di combustione dell'isolante; se le estremità di tali perforazioni, che possiedono quasi la stessa tensione del conduttore, vengono a trovarsi in vicinanza di parti del dielettrico con le quali hanno elevata differenza di potenziale, si producono altre scariche finchè si arriva al piombo della camicia e si ha la messa a terra del cavo; il verificarsi di tali incidenti è facilitato nei cavi nei quali il materiale isolante di impregnazione può fuoriuscire dal cavo alle estremità in seguito a fenomeni termici; bisogna quindi provvedere a recipienti di espansione e di riserva collegati al cavo. Il secondo tipo di invecchiamento si verifica specialmente nei cavi a cintura ed è dovuto a scariche che si ramificano e si diffondono parallelamente ai conduttori in seguito a differenze di potenziale sulla superficie di essi; le scariche bruciano dapprima la carta a contatto del conduttore e poi successivamente fino alla perforazione completa dell'isolamento; si rimedia anche qui riempiendo di materiale d'impregnazione i pezzi di testata per evitare il formarsi di spazi vuoti entro il cavo. I guasti dei cavi dipendono dunque assai spesso da cause interne. Un mezzo per ricono-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

scerne l'inizio o prevenirli consiste nelle misure dell'angolo di perdita; si possono così riconoscere il peggioramento dell'angolo di perdita (che dipende da un aumento di conduttività dell'isolante); l'inizio del formarsi di scariche a bagliore, le perdite ad esse dovute. Le caratteristiche di perdite dielettriche differiscono spesso da un tronco all'altro di cavo di una stessa fabbricazione; prove su uno spezzone di 5 m danno però, nei cavi di moderna fabbricazione indizi attendibili per tutta la lunghezza del cavo. Però tali misure non danno indicazione sufficiente sul futuro comportamento in esercizio e perciò bisogna ricorrere ad altre successive misure. L'andamento della curva dell'angolo di perdita in funzione del carico, rilevato sul cavo in opera appena pronto, non differisce da quello rilevato in fabbrica; rilievi eseguiti in anni successivi rivelano il formarsi di progressiva ionizzazione. Sarebbe però imprudente trarre da ciò senz'altro un giudizio per il prossimo guastarsi del cavo perchè avviene spesso che col tempo la ionizzazione va diminuendo fino a ritornare talvolta alla curva iniziale; ciò è dovuto all'idrogeno che si forma e che riempie gli spazi vuoti ed eleva le tensioni di scarica riducendo o eliminando così il formarsi delle scariche luminescenti. L'A. descrive poi i metodi di prova dei cavi in opera, specialmente il metodo di Schaubert che si basa sulla generazione di una differenza di potenziale fra il centro stella della rete e la terra in modo che i cavi vengono sollecitati a una tensione verso terra doppia di quella di esercizio; vengono esposte molte considerazioni intorno alle prove dei cavi con corrente continua o corrente alternata. Altre considerazioni sono esposte circa la possibilità di passare, con un cavo, da una tensione di esercizio ad un'altra più alta; per esempio da 3 a 10 kV; finchè il calcolo dimostra che nell'isolamento non si supererà un gradiente di 2 kV/mm l'aumento di tensione, secondo l'A., si può fare con sicurezza, salvo eseguire preventivamente delle prove specialmente riguardo alle muffole, alle testate, ecc. *N.*

C. Haase. — **Corrosione dei cavi.** (A.E.G. Mitt., settembre-dicembre 1943, pag. 48 a 56, con 9 fig.). **9 d**

La corrosione di un metallo, cioè il suo passaggio dallo stato puro a quello di combinazione può avvenire per via esclusivamente chimica per unione diretta di un atomo del metallo con atomi di altra sostanza arrivati a contatto con esso: così avvengono ad esempio le corrosioni in ambienti gassosi. Più spesso la corrosione avviene in presenza di acqua e si generano fenomeni elettrolitici ad esempio per la presenza di due metalli a diverso potenziale o di differenze di potenziale generantesi alla superficie di uno stesso metallo per diversità di condizioni fisiche, senza intervento di sorgenti esterne di energia elettrica. Un terzo gruppo di corrosioni assai importante nella tecnica è invece dovuto all'azione di correnti elettriche provenienti dall'esterno. In certe condizioni i cavi possono avere vita lunghissima; vi è esempio di cavi posati in terra, senza armatura, che non presentano corrosioni dopo molti anni dalla posa. D'altra parte non tutti i guasti ai cavi sono dovuti a corrosione: su 50 casi esaminati in 10 anni dalla A.E.G., 11 erano dovuti a corrosione, 13 a rottura per vibrazioni, 5 a guasti di giunzioni e gli altri a cause meccaniche. Ci sono dei casi in cui i guasti sembrano dovuti a corrosione anche perchè il piombo presenta effettivamente fenomeni di disgregazione delle cristalliti ma pur tuttavia a un esame accurato si dimostrano dovuti a cause meccaniche e precisamente a fatica del metallo per sollecitazioni ripetute: tali casi si presentano in cavi aerei soggetti a vibrazioni; l'A. espone alcune considerazioni in proposito. La difesa contro guasti aventi tale origine sta nell'impiego di leghe di piombo dure perchè con la durezza cresce anche la resistenza alle vibrazioni; si aggiunge zinco (1 a 3 %), antimonio (0,5 a 1 %), tellurio (0,05 %), ecc.; molto efficace è il calcio che però dà luogo ad altre difficoltà di ordine tecnico. Nel caso delle corrosioni di origine chimica i prodotti della corrosione rimangono per lo più aderenti al metallo stesso; essi possono formare veri strati protettivi grazie ai quali la corrosione non può procedere oltre un certo grado; oppure possono formare croste sollevate, poco aderenti, che sono nocive perchè sotto di esse può depositarsi l'umidità e impediscono l'arrivo dell'ossigeno a contatto di metallo dando luogo a elementi galvanici; oppure i prodotti di corrosione possono passare in soluzione e non hanno più influenza sul procedere della corrosione. Gli acidi che formano col piombo composti insolubili producono quindi soltanto corrosioni localizzate che tuttavia possono essere molto pericolose; gli acidi invece che danno luogo a sali solubili producono corrosioni rapide e distribuite. Gli acidi nitrico, acetico, cloridrico danno luogo a sali solubili e a forti corrosioni; l'acido solforico invece è poco temibile; anche il carbonato di piombo è insolubile ma il bicarbonato è solubile e quindi l'acido carbonico è pericoloso. L'ambiente influisce molto sulla durata del piombo e sulla gravità delle corrosioni. Il piombo posato in un terreno asciutto e neutro, per esempio in sabbia, non subisce praticamente corrosioni; la umidità favorisce molto l'attacco, come pure la presenza di acido carbonico e suoi sali specialmente di calcio; gli acidi dell'humus sono molto pericolosi per il piombo; i terreni soffici sono più dannosi di quelli compatti. L'A. presenta una tabella in cui sono esposti dei dati circa gli effetti di corrosione in terreni di varia natura. Il piombo non resiste agli alcali. Il calcestruzzo umido, l'idrossido di calcio, attaccano il piombo dei cavi e dei tubi e questo fatto va tenuto presente nella posa dei cavi. Anche nel materiale che si adopera per proteggere e rivestire i cavi può essere nascosto il pericolo, se tale materiale contiene fenoli; l'A. esprime alcune avvertenze in proposito. Più frequenti delle corrosioni di origine puramente chimica sono quelle dipendenti da correnti elettriche di origine estranea che, su 160 casi esaminati fra il 1930 e il 1935, rappresentano oltre il 60 % dei casi totali. Queste corrosioni dipendono dalle correnti vaganti provenienti principalmente dalle linee di trazione a corrente continua e sono perciò più frequenti nelle zone cittadine con estese reti tramviarie. È da osservare che non sempre la presenza di una corrente è sintomo sicuro di corrosione. Il giudizio sicuro se una corrosione sia di natura chimica o dovuta a correnti vaganti si può dare in base ai prodotti della corrosione stessa. Se essi contengono più ioni cloro di quanto può fornire il terreno, è segno che essi sono stati trasportati come anioni da una corrente elettrica; anche il perossido di piombo è segno di corrente vagante; i prodotti di corrosione chimica sono specialmente carbonati, nitrati, ossidi gialli o rossi di piombo che non possono essere confusi col perossido di colore scuro. Parecchi altri sintomi vengono citati dall'A. i quali permettono di riconoscere l'origine di una corrosione. Viene anche presentato un circuito adatto alla misura della corrente circolante nel mantello di un cavo; sono date indicazioni per le misure delle correnti vaganti nel suolo. In ultimo l'A. espone notizie circa le misure di protezione dei cavi contro le corrosioni mediante rivestimenti protettivi o con accorgimenti elettrici (pezzi intermedi isolanti, drenaggio elettrico, protezione catodica, ecc.). *N.*

L. Domenach. — **Le possibilità di sovraccarico dei cavi sotterranei.** (Rev. Gen. El., novembre 1943, pag. 323 a 327, con 6 fig.). **9 d**

Le notizie circa il riscaldamento dei cavi sotterranei in esercizio sono relativamente limitate perchè di rado vengono effettuate misure dirette che sono delicate e difficili da eseguire senza disturbare l'esercizio. Il riscaldamento dipende da molti fattori: tipo del cavo, condizioni di posa, resistività termica del terreno e sua temperatura, vicinanza di altri cavi. In generale la portata dei cavi è limitata dalla temperatura massima che si ammette nel metallo dei conduttori o meglio dalla sopraelevazione di temperatura su quella del terreno. Le possibilità di sovraccarico dipendono dalle sezioni dei conduttori e dall'andamento delle curve di riscaldamento in funzione del tempo. Le sezioni determinate in base alle temperature massime ammesse sono le più piccole possibili e portano alle minime spese di prima installazione; ma esse non risultano le più economiche se si tiene conto dell'onere delle perdite, l'interesse e l'ammortamento del capitale. Un conto di convenienza tenendo conto di questi fattori può essere eseguito, come l'A. indica, con un procedimento grafico; esso conduce a densità di circa 1 a 1,4 A/mm², ben inferiori a quelle determinate in base al solo riscaldamento. Le curve di riscaldamento dei cavi rilevate sperimentalmente in funzione del tempo non sono rappresentabili matematicamente in modo semplice: si sono proposte formule costituite dalla somma di 3 esponenziali che fanno introdurre 3 costanti

Biblioteca nazionale centrale di Roma

di tempo rendendo laboriosi i calcoli. L'A. si attiene alla rappresentazione più semplice proposta da Picau in base ai rilievi sperimentali del National Physical Laboratory, in base alla quale si assimilano le curve a rami di iperbole aventi gli assintoti paralleli agli assi che sono le rette $\theta = \theta_m$, e $t = -T$; da tale equazione si ricava $\theta = \theta_m t/(T + t)$; la costante di tempo T è la durata per cui il riscaldamento raggiunge la metà del suo valore permanente θ_m. L'A. conferma con proprie esperienze l'attendibilità della formula di Picou $(\theta_m - \theta)(T + t) = \theta_m T$. L'A. definisce coefficiente di sovraccarico il valore $\alpha = I_s/I_p$ essendo I_p la corrente di pieno carico e I_s quella di sovraccarico; si propone di calcolare i valori di α per varie durate t_s di sovraccarico e per diversi valori del fattore di carico p_0. Nello sviluppo di tale ricerca si limita ai casi in cui le tensioni di esercizio sono tali che le perdite dielettriche possono essere considerate deboli rispetto al totale delle perdite Joule nei conduttori e nella camicia di piombo, così da poter ammettere la proporzionalità del riscaldamento con il quadrato delle correnti. Il metodo non si può quindi applicare ai cavi per 150 kV o oltre per i quali si potrà ricorrere a un metodo grafico dopo aver determinato le perdite Joule e quelle dielettriche per tracciare le curve di riscaldamento in sovraccarico. Su queste basi elabora una formula che permette di eseguire il tracciamento delle curve dei valori del coefficiente di sovraccarico in funzione del rapporto fra la durata di sovraccarico e la costante di tempo, e per diversi valori del fattore di carico. Come limiti estremi di temperatura da ammettere nel dielettrico, l'A. ritiene in pratica quelli di 60 °C per cavi a impregnazione e di 80 °C per quelli a olio fluido. Si possono tollerare tali valori estremi senza nuocere al cavo, per sovraccarichi accidentali che si verifichino una o due volte al mese. Inoltre i rilievi hanno dimostrato che la temperatura del sottosuolo in Francia si mantiene inferiore a 10 °C (anzichè 20 °C come supposto dalle norme) per 5 mesi invernali per i quali quindi si dispone di un margine di 10 °C per il sovrariscaldamento dei cavi. Particolare attenzione esigono i cavi a olio fluido in rapporto alle possibili sovrapressioni dell'olio in qualche caso. Per i sovraccarichi frequenti si dimostra che partendo da un regime soltanto del 10 % inferiore al pieno carico si dispone di un coefficiente di sovraccarico di 1,2 per un'ora e di 1,46 per 15 minuti. Vengono esposte considerazioni sulle direttive per determinare la sezione da assegnare a cavi soggetti a sovraccarichi durante il periodo di pieno carico. *Ri.*

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

L. Leroy. — **Dispositivo di misura per il rilievo diretto delle caratteristiche di sonda (tensione in funzione della corrente) dei plasmi ionizzati di un mutatore a vapore di mercurio.** (Rev. Gen. Elec., novembre 1943, pag. 329 a 335, con 8 fig.). **10 c**

Il trasporto della corrente in una scarica è effettuato quasi esclusivamente dagli elettroni; gli ioni sono prodotti uniformemente in tutto lo spazio in gran numero, ciò che tende a dar luogo a una regione di potenziale massimo nella quale gli elettroni di piccola velocità vengono attirati. Ne segue la formazione di una regione dove il campo è quasi nullo e che si chiama plasma e di regioni a campo intenso che rivestono come guaine gli elettrodi e le pareti. L'A. ricorda le nozioni fondamentali relative alle guaine catodica e anodica e alla colonna positiva, in un arco a mercurio. Si dice sonda un conduttore di dimensioni molto piccole in confronto a quelle della cassa di un mutatore o di un braccio anodico; si impiegano sonde cilindriche, sferiche o piane. Un plasma è caratterizzato dal numero di elettroni e di ioni per cm³, dalla temperatura elettronica (espressione dell'energia cinetica degli elettroni) e dal potenziale spaziale. In un plasma invariabile nel tempo si ammette che le velocità degli elettroni siano distribuite secondo la legge di Maxwell. Nel caso di una sonda negativa essa attira gli ioni positivi e se ne circonda come di una guaina; la corrente di sonda è diretta dalla sonda verso il catodo nel circuito esterno; la corrente di sonda cresce lentamente quando il potenziale aumenta in senso negativo, rivelando un fenomeno di saturazione. Diminuendo il potenziale negativo la corrente di sonda diminuisce dapprima lentamente poi, oltre un certo limite, rapidamente fino ad annullarsi quando ancora la sonda ha un potenziale negativo alquanto diverso in valore assoluto da quello spaziale. Elevando ancora il potenziale di sonda la corrente di sonda cambia di segno e cresce rapidamente; quando il potenziale di sonda supera quello dello spazio e diventa fortemente positivo, la curva della corrente si inflette e l'aumento diventa meno rapido, finché oltre un certo valore si verifica un arco. Per misurare in un dato punto di un mutatore le caratteristiche del plasma bisogna rilevare una caratteristica di sonda $I = f(V)$ e quindi effettuare numerose misure; esse devono essere effettuate nel più breve tempo possibile per evitare che mutino le condizioni interne od esterne. L'A. descrive diversi metodi proposti per il rilievo delle caratteristiche di sonda e si ferma poi in particolare ad illustrare il funzionamento di un dispositivo detto plasmografo che permette di effettuare il rilievo diretto e istantaneo della caratteristica di sonda la quale appare sullo schermo di un oscillografo a raggi catodici. Nel caso di plasma costante basta applicare la tensione di sonda alle placche daviatrici orizzontali e a quelle verticali una tensione proporzionale alla corrente di sonda, facendo variare la tensione di sonda fra due limiti prestabiliti. Nel caso di plasma periodicamente variabile bisogna realizzare due condizioni: applicare alla sonda potenziali tali che nel corso di periodi successivi siano differenti negli istanti corrispondenti a un medesimo angolo di fase; rilevare, fra tutti i valori del potenziale e della corrente di sonda che si producono nei periodi successivi soltanto quelli che corrispondono a un dato angolo di fase. L'A. descrive come queste condizioni si possano praticamente realizzare nel plasmografo, del quale riporta lo schema generale dei circuiti, e descrive il funzionamento. Sono anche esposte osservazioni sulla tecnica della registrazione fotografica delle curve ottenute all'oscillografo. L'A. riporta poi alcuni risultati, ottenuti con l'apparecchio descritto, nel rilievo delle caratteristiche del plasma di un mutatore a vapore di mercurio; essi mettono in evidenza come l'apparecchio si presti assai bene a rilievi sul funzionamento intimo dei mutatori. *Ri.*

H. Anschütz. — **Dispositivi di inserzione e di protezione negli impianti di raddrizzatori.** (E. u. M., 24 dicembre 1943, pag. 627 a 639, con 20 fig.). **10 c**

Nei riguardi delle protezioni contro le sovratensioni bisogna distinguere le sovratensioni dovute ai fenomeni connessi alle accensioni e spegnimenti, da quelle dovute a variazioni di carico. La normale commutazione della corrente fra gli anodi non può portare a sovratensioni; queste possono invece verificarsi in seguito a irregolare comportamento dell'arco causato da scarsità di ioni sul percorso della scarica in seguito a temperatura troppo bassa del cassone o a sovraccarico. Bisogna quindi regolare la temperatura del cassone e proteggere il raddrizzatore contro i ritorni d'arco mediante griglie. Come protezione delle induttanze in serie sul lato anodico o a corrente continua si usano per lo più resistenze in parallelo. Come protezione degli avvolgimenti del trasformatore vengono installati scaricatori di vario tipo, ai quali l'A. accenna. Spesso come protezione contro le sovratensioni si installano condensatori con resistenze in serie. Se il lato a corrente continua è fortemente induttivo, nel caso di strappamento d'arco o di brusche disinserzioni da parte dei dispositivi di protezione anodici, possono anche in esso prodursi sovratensioni; l'A. accenna come si possa proteggersi contro di esse. Quando si scarica un raddrizzatore possono pure verificarsi sovratensioni dell'ordine del 15 % che in molti casi, come in quello delle utenze luce, non sono tollerabili. Per evitare che il carico scenda sotto il valore critico minimo si può inserire una resistenza come carico di base; nei piccoli impianti, a scopo di semplificazione, essa viene inserita in modo permanente tollerandosi la piccola perdita corrispondente; nel caso di diagramma di carico noto e costante si può adottare una inserzione automatica con dispositivo a orologeria; nel caso più generale bisogna rendere la inserzione dipendente dal carico. L'A. illustra uno di tali dispositivi d'inserzione automatica mediante un elettromagnete e un relè che interviene già per pochi percento della corrente nominale ed è caricabile fino ai limiti di carico del raddrizzatore; è stato allo scopo studiato uno speciale relè a forte capacità di

Biblioteca nazionale centrale di Roma

sovraccarico. Un altro circuito di inserzione automatico che viene descritto impiega tubi elettronici e in esso viene presa come misura della riduzione di carico la tensione raddrizzata; essa viene messa a confronto, in un divisore di tensione, con una tensione costante; se la tensione raddrizzata supera un certo valore la griglia del tubo si carica positivamente, il tubo si accende e inserisce la resistenza, dopo di che il tubo si spegne per azione di un altro relè a tempo. L'eccitazione della bobina di assorbimento che viene meno con lo scaricamento del raddrizzatore può essere ricavata da una sorgente estranea, installando un convertitore di frequenza, con connessione a triangolo aperto, sul secondario (si tratta di una frequenza di 150 p/s); si forma una terza armonica che può essere addotta alla bobina di assorbimento; si può così ottenere un abbassamento del 10 % nella tensione a vuoto. Una limitazione della tensione può essere ottenuta mediante griglie di controllo, specialmente in circuiti con tubi elettronici. Sovratensioni possono giungere al raddrizzatore anche dal lato utilizzazione quando esso alimenti anche motori, il caso però è meno frequente e facilmente dominabile. Bisogna poi considerare anche le sovracorrenti che possono verificarsi in seguito a sovraccarichi. L'A. esamina i vari casi che possono presentarsi: cortocircuiti nei circuiti di utilizzazione, sovraccarichi propriamente detti, archi di ritorno, accensioni fuori tempo per difetto di azione delle griglie. Gli apparecchi di protezione i quali provvedano al distacco del raddrizzatore in caso di perturbazioni nel regime delle correnti si possono classificare come segue. Sul lato a corrente alternata: interruttori con relè di massima corrente; sul lato anodico: valvole fusibili, dispositivi a griglia; sul lato a corrente continua: valvole fusibili, interruttori a massima, interruttori rapidi, relè di sovracorrente, relè di ritorno di corrente. L'A. esamina e illustra in modo particolare il funzionamento degli interruttori rapidi in due tipi costruttivi; uno a elettromagnete che mantiene chiuso l'interruttore e si diseccita in caso di sovracorrente lasciando aprire l'interruttore per azione di una molla; l'altro che invece si eccita in caso di sovracorrente e apre l'interruttore. L'A. si diffonde pure sulle protezioni per mezzo di circuiti di griglia. In ultimo espone considerazioni sulla scelta dei sistemi di protezione, citando alcuni circuiti completi per un impianto di elettrolisi e per una cabina per trazione. In ultimo è fatto parola dei dispositivi di protezione e regolazione della temperatura e del grado di vuoto nel cassone, riportando i circuiti rispettivi relativamente alla installazione di un raddrizzatore soggetto a grandi variazioni di carico. *N.*

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE.

W. Leukert. — **Il raffreddamento con idrogeno delle macchine elettriche.** (E. u. M., 24 dicembre 1943, pag. 617 a 627, con 18 fig.). **11 e**

L'adozione dell'idrogeno per il raffreddamento delle macchine elettriche permette di ridurre sensibilmente le perdite per ventilazione; secondo gli americani si arriverebbe a una riduzione dal 10 al 12 % di tali perdite, mentre esperienze tedesche darebbero una riduzione a 1/13 delle perdite di ventilazione in aria. L'efficacia del raffreddamento con idrogeno è circa 1,5 volte quella con aria, tenuto conto del maggior coefficiente di conduttività termica ma anche della maggiore viscosità cinematica dell'idrogeno. Si può quindi sfruttare meglio i materiali attivi delle macchine e sembrerebbe possibile arrivare ad un aumento del 33 % nella potenza a parità di altre condizioni. Coll'idrogeno occorre minore consumo di energia per la circolazione del mezzo refrigerante e minore superficie dei refrigeranti (circa 40 %). Coll'idrogeno gli isolamenti risultano anche meno sollecitati dagli effetti delle scariche luminescenti, come è stato messo in evidenza da apposite ricerche sperimentali descritte dall'A. Anche il funzionamento delle macchine riesce meno rumoroso. Contro questi vantaggi sta il pericolo di esplosioni; la miscela idrogeno-aria è esplosiva finchè il contenuto di idrogeno è compreso fra 9 e 70 %; si può eliminare il pericolo di esplosioni facendo in modo che il miscuglio resti sempre ricco di idrogeno per oltre 90 %. Le macchine con raffreddamento a idrogeno devono quindi essere di costruzione chiusa. Le esperienze hanno dimostrato che la massima pressione che si svolge nel caso di esplosione, è di 14 atmosfere; perciò l'involucro della macchina si costruisce in lamiere proporzionandolo per tale pressione interna. L'A. descrive un alternatore da 10 000 kVA costruito a scopo sperimentale dalla Siemens, con raffreddamento a idrogeno; lo statore è collocato eccentricamente entro il cassone per lasciare spazio per il refrigerante dell'idrogeno che circola in circuito chiuso entro il cassone stesso. Nell'interno l'idrogeno è mantenuto a una sovrapressione di circa 150 mm d'acqua sull'atmosfera esterna. Nel caso di condensatori sincroni o di convertitori di frequenza la costruzione è facilitata dal fatto che non è necessario portare fuori della cassa alcuna estremità d'albero. Invece nel caso di turboalternatori bisogna provvedere una uscita d'albero a perfetta tenuta di gas: a ciò si giunge mediante un manicotto d'albero contenente una camera in cui è mantenuto olio in pressione ed è protetta verso l'interno da una tenuta a labirinto e da una camera a pressione di idrogeno in modo da impedire che l'olio penetri, lungo l'albero, entro la macchina. L'A. descrive anche i dispositivi per la lubrificazione e la tenuta ad olio della macchina e riporta lo schema dei relativi circuiti di tubazioni. La macchina è provvista di dispositivi per la sorveglianza del grado di purezza del gas nell'interno del cassone del genere di quelli usati per l'analisi dei fumi, a fili caldi, basati sulla diversa conduttività termica dei gas e sulla variazione di resistenza di un filo col variare della temperatura; in caso che il grado di purezza si abbassi sotto un certo valore, si apre automaticamente una valvola che mette in comunicazione l'interno della macchina con un recipiente di idrogeno sotto pressione, il quale eroga gas alla macchina finchè si raggiunge il grado voluto di purezza. Per il riempimento iniziale o la vuotatura della macchina (quando occorra aprire il cassone) è necessario evitare che si formino miscele esplosive con l'aria. Perciò l'interno della macchina e del cassone viene prima accuratamente lavato con corrente di anidride carbonica. Per il riempimento occorrono 70 minuti per l'opera di lavamento la quale richiede un consumo di 10,6 m³ di andride carbonica, prima di iniziare l'immissione dell'idrogeno; occorrono complessivamente circa 8 ore e 1/4 per ottenere nell'interno un miscuglio con 96 % di idrogeno, consumando complessivamente 35 m³ di idrogeno. Lo svuotamento richiede, per la macchina sperimentale citata, circa 12 ore. In funzionamento a regime la macchina esige un consumo di idrogeno di circa 1 m³ al giorno. L'A. osserva come la introduzione del raffreddamento a idrogeno nelle macchine elettriche in America sia stato dovuto alla necessità di costruire turboalternatori di grande potenza a 3600 giri/min per i quali le perdite per ventilazione diventano per il 60 % maggiori che per i turboalternatori a 3000 giri/min, tali perciò da compromettere seriamente il rendimento della macchina. Nell'alternatore sperimentale (10 000 kVA a 3000 giri/min) le perdite, passando da raffreddamento ad aria a quello a idrogeno, sono diminuite da 54 a 4 kW. L'A. svolge poi ampie considerazioni intorno alla convenienza di adottare il raffreddamento a idrogeno nei turboalternatori di costruzione europea a 50 p/s arrivando alla conclusione che esso non è consigliabile in vista delle complicazioni costruttive e del fatto che il miglioramento di rendimento che si può così ottenere può essere raggiunto anche per altre vie (migliori materiali ecc.). Diversamente vanno le cose per i condensatori sincroni per i quali l'adozione del raffreddamento a idrogeno porta minori complicazioni costruttive e più sensibili vantaggi e così pure per i convertitori di frequenza. L'A. cita alcuni esempi di importanti costruzioni di macchine di questo genere. *N.*

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA.

A. Filipponi. — **Una nuova realizzazione della C.G.E. nel campo dell'elettroacustica.** (C.G.E., dicembre 1945, pag. 16 a 18, con 1 fig.). **14 d**

Le caratteristiche che distinguono un moderno apparecchio per la riproduzione per cine sonoro sono: linearità del responso elettrico; basso contenuto di armoniche; riduzione dei rumori di fondo, in modo che si possano riprodurre suoni le cui intensità stiano fra loro in rapporto di almeno 50 db, per poter ottenere il salto effettivo che si verifica tra il fortissimo e il pianissimo di una orchestra.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Per quanto riguarda il terzo punto, va tenuto presente l'andamento delle percentuali di modulazione con cui si effettua la registrazione. Mentre fino a pochi anni fa tanto l'esecuzione orchestrale quanto il dialogo erano registrati con percentuali di modulazione non molto diverse fra loro e superiori a 70 %, con recenti perfezionamenti, specialmente nella eliminazione del rumore di fondo, si è potuto imitare fedelmente quanto avviene nel campo reale e oggi si registra il dialogo con percentuale di modulazione di circa 50 % mentre si riservano percentuali maggiori all'incisione di fortissimi orchestrali; si possono così ottenere dislivelli di 6 a 12 db tra il dialogo e la musica. Poichè un salto di 6 db corrisponde ad una potenza quadruplicata, l'amplificatore di riproduzione deve essere studiato in modo da poter fornire, nelle punte di modulazione, una potenza superiore di almeno 4 volte a quella che, in un determinato locale, sarebbe sufficiente ad una riproduzione efficace della parola. L'A. descrive una nuova apparecchiatura destinata alla riproduzione in sale da 3000 persone. La alimentazione della lampada eccitatrice si effettua a corrente continua ottenuta con raddrizzatori a ossido di rame; si è abbandonata la alimentazione a corrente alternata perchè il pennello luminoso che esplora la colonna sonora risente della frequenza della rete. L'accoppiamento fra fotocellula e rete può essere effettuato sia mediante una linea di 500 ohm di impedenza, sia mediante cavo a bassa capacità. Il preamplificatore è realizzato con due stadi accoppiati a resistenza e capacità. La sua tensione di uscita pilota un prestadio finale che, a sua volta, fornisce il segnale alle griglie di due valvole di potenza, del tipo a fascio elettronico, collegate in opposizione di fase; si può raggiungere una potenza di uscita di circa 40 W con un contenuto molto basso di armoniche. Nello stesso centralino sono sistemate due apparecchiature di amplificazione, una di riserva all'altra, commutabili mediante commutatori posti sul pannello del complesso. Nello stadio finale dell'amplificatore è stata introdotta la reazione negativa che tende a rendere maggiormente costante la potenza di uscita alle varie frequenze, indipendentemente dalle caratteristiche dei trasformatori intervalvolari e d'uscita. L'alimentazione è effettuata con un raddrizzatore elettronico. All'uscita dell'amplificatore finale sono collegati altri due filtri (passa alto e passa basso) per la suddivisione della gamma elettroacustica in due canali. La frequenza d'incrocio di tali filtri può essere scelta tra 300 e 500 p/s. Gli altoparlanti sono di due tipi: per la gamma da 30 a 500 p/s, con cono di grande apertura e centratore elastico esterno atto a permettere i maggiori spostamenti; per la gamma da 300 a 10 000 p/s, con cono di minore apertura e collegati a trombe multicellulari, in modo da distribuire radialmente i suoni d'alta nota, allo scopo di raggiungere uniformità di timbro per tutti i posti della sala di audizione. I campi degli altoparlanti sono alimentati a corrente continua erogata da due raddrizzatori elettronici, di cui uno di riserva. L'impianto è completato da un piccolo amplificatore con altoparlante di ascolto per l'operatore in cabina. *Ri.*

ELETTROTECNICA GENERALE.

K. Melzer. — **Circuiti a scatto con tubi elettronici invece di tiratron.** (E.T.Z., 2 dicembre 1943, pag. 631 a 634, con 8 fig.). **15 b**

Sono noti parecchi circuiti a scatto con tubi elettronici che possono ricondursi al così detto « callirotron » di Turner e sono in sostanza amplificatori a corrente continua accoppiati a reazione. Tali circuiti possono essere convenienti soltanto se non richiedono un impiego di sorgenti di energia e di materiale troppo grande in confronto ai tiratron. Il primitivo callirotron e i suoi derivati esigono almeno due sorgenti di tensione. Una semplificazione successiva ha permesso di ricorrere ad una sola sorgente. L'A. descrive un circuito dovuto a O. H. Schmidt che si basa sull'accoppiamento a reazione attraverso una resistenza catodica. L'A. descrive tale circuito e il suo funzionamento riportando anche alcune curve caratteristiche di esso. Per il confronto con un circuito a tiratron è naturalmente importante il comportamento del valore di accensione e di spegnimento in relazione alla tensione anodica. A tale scopo sono messe a confronto in un diagramma le rispettive curve di un circuito a scatto con tubi elettronici con la curva di accensione di un tiratron. La curva di accensione del circuito a scatto con tubi elettronici giace tutta nel campo dei valori positivi della tensione di griglia. Dal diagramma si rileva che considerato un punto del diagramma tensione di griglia-tensione anodica nel campo delle tensioni di griglia negativa e inferiore alla curva caratteristica del tiratron e quindi corrispondente a condizioni di non accensione di esso, si può passare oltre la curva, cioè in condizioni di accensione, o spostandosi verticalmente sul diagramma, cioè elevando la tensione anodica, oppure spostandosi orizzontalmente, cioè variando la tensione di griglia verso il campo positivo; per il circuito a scatto con tubi elettronici invece si può ottenere la accensione o con un aumento della tensione positiva di griglia o con un abbassamento della tensione anodica. Se la tensione di griglia diventa negativa o la tensione anodica supera un certo valore, il circuito a tubi elettronici si spegne; in contrapposto a quanto avviene per il tiratron si possono produrre accensioni o spegnimenti. Un'altra grandezza caratteristica del tiratron è la tensione di funzionamento, cioè la tensione che deve essere mantenuta applicata al tubo acceso affinchè l'accensione possa mantenersi (circa 20 V). Nel circuito a tubi elettronici può considerarsi come tensione di funzionamento quella che regna, dopo il formarsi della corrente anodica, fra l'anodo e il catodo; essa è sempre positiva ma, in causa della corrente di griglia e della caduta di tensione nella resistenza di griglia, è molto piccola e può essere ridotta inferiore a quella di un tiratron. Contrariamente a quanto avviene per il tiratron, col circuito a tubi elettronici la sorgente di tensione anodica è sempre sotto carico; nello scatto la corrente passa soltanto da un valore ad un altro. Nel circuito a tiratron occorrono almeno due resistori e un divisore di tensione regolabile; col circuito a tubi elettronici occorrono almeno 3 resistori, un divisore di tensione fisso e uno regolabile. L'impiego dei circuiti a scatto con tubi elettronici è utile nei casi in cui le caratteristiche dei tiratron possano portare inconvenienti. Anche col circuito a due tubi elettronici il carico di riscaldamento è inferiore che con un tiratron. Un vantaggio del circuito è la grande adattabilità perchè le correnti anodiche dei due tubi possano essere adoperate per manovre o per misure secondo che un impulso alla griglia deve produrre il generarsi o l'interrompersi di una corrente. Con una opportuna scelta della tensione di griglia del tubo di entrata si può produrre lo scatto con una variazione di potenziale tanto in senso positivo quanto negativo. Considerato un punto sul diagramma precedente, corrispondente a una tensione di griglia tanto bassa che esso sia al di sopra della curva di accensione, si può generare l'accensione spostando il punto a destra, cioè aumentando la tensione positiva di griglia fino a che il punto passa sotto la curva di accensione; col venir meno della tensione di griglia avviene lo spegnimento; il circuito scatta fino a tanto che è mantenuta la tensione, contrariamente a quanto avviene per un tiratron. Questo funzionamento si presta per misure di tempi brevi, finchè la tensione è abbastanza alta. L'A. illustra appunto un circuito destinato a tale scopo derivato da un circuito primitivo a tiratron. *N.*

GENERATORI E MOTORI SINCRONI.

W. Putz. — **Avvolgimenti smorzatori.** (E. u. M., 24 dicembre 1943, pag. 639 a 643, con 5 fig.). **17 b**

Nelle macchine sincrone, oltre all'avvolgimento statorico che porta corrente alternata, e all'avvolgimento di eccitazione che porta corrente continua, si trova, nella maggior parte delle grandi unità, un terzo avvolgimento: quello di smorzamento costituito da una gabbia di scoiattolo che ruota con la ruota polare. Nelle macchine a poli salienti esso è formato da sbarre poste entro la testa dei poli; nelle macchine a rotore liscio è costituito da sbarre di chiusura delle cave collegate opportunamente sulla fronte. Durante il funzionamento normale della macchina questo avvolgimento non è percorso da corrente e non esercita alcuna azione; in caso di perturbazioni di regime l'avvolgimento di smorzamento assume una funzione importante per migliorare il comportamento della macchina, specialmente riguardo al mantenimento del passo. Per comprendere bene il funzionamento dell'avvolgimento smorzatore negli alternatori in tali casi, conviene considerare prima il caso dei

Biblioteca nazionale centrale di Roma

motori sincroni. I motori sincroni vengono quasi sempre avviati come asincroni; applicando la tensione di rete ai morsetti si genera nell'intraferro un campo ruotante il quale taglia le sbarre dell'avvolgimento smorzatore della macchina ferma generando un momento di rotazione più forte del momento resistente e perciò il motore si avvia e accelera fino a che si porta in vicinanza del sincronismo, salvo lo scorrimento. Secondo quanto è noto nei motori asincroni (nei quali il momento motore aumenta con la resistenza del rotore), l'avvolgimento smorzatore dei sincroni (usato per l'avviamento) viene costruito con materiale di rilevante resistenza (bronzo, o ottone); non bisogna però esagerare nella resistenza dell'avvolgimento smorzatore perchè quanto più grande è questa tanto maggiore è lo scorrimento residuo del motore e si corre il rischio che, all'atto dell'inserzione il motore non si porti poi al sincronismo. Si potrebbe costruire l'avvolgimento smorzatore ad elevata resistenza anche mediante sbarre di rame di piccola sezione anzichè con grosse sbarre di ottone; ma è utile che l'avvolgimento abbia una massa elevata perchè ciò aumenta la sua capacità termica, cosa conveniente se all'avviamento bisogna accelerare masse ruotanti molto grandi. L'A. svolge un calcolo da cui risulta che l'avvolgimento smorzante di un grosso motore sincrono, pesante 150 kg, che debba vincere un momento di inerzia delle masse ruotanti di 5000 kgm², con velocità sincrona di 1500 giri/min, si porterebbe ad una temperatura fra 100 e 150 °C. Nei generatori monofasi l'avvolgimento smorzatore è percorso da corrente anche durante il funzionamento normale; per ridurre le perdite della macchina esso viene costruito con piccola resistenza, in rame di grossa sezione. Nella macchina monofase l'avvolgimento statorico produce nello spazio un campo magnetico fisso che varia di ampiezza e di direzione col variare della frequenza e della corrente statorica. Nella macchina trifase i campi delle 3 fasi si combinano in modo da dar luogo a un campo ruotante sincrono con la ruota polare e di ampiezza costante; su questo fatto si basa tutta la teoria delle macchine a campo ruotante. Mediante l'impiego del metodo delle componenti simmetriche è possibile utilizzare tale teoria anche per la macchina monofase. L'A. arriva in tal modo alla conclusione che la caduta di tensione della macchina monofase è proporzionale alla somma della impedenza della macchina in funzionamento normale e della impedenza dell'avvolgimento di macchina quando la ruota polare gira con velocità sincrona in senso opposto al campo, cioè a scorrimento 2. Quest'ultima impedenza è fortemente influenzata dalla presenza dell'avvolgimento smorzatore, come è messo in evidenza da risultati di misure eseguite su un alternatore monofase da 3000 V, 3000 kVA, 1000 A, $16^2/_3$ p/s. La presenza dell'avvolgimento smorzatore riduce sensibilmente le perdite in corto circuito. L'A. riporta in proposito alcuni diagrammi e risultati sperimentali. Riassumendo si può dire che l'avvolgimento smorzatore in un alternatore trifase svolge un'utile funzione nel mantenere la simmetria delle tensioni anche in caso che le fasi siano caricate in modo non simmetrico; un benefico effetto è pure svolto nei riguardi della riduzione dei moti pendolari della macchina e del mantenimento del sincronismo, specialmente nel caso di comando con motori primi a momento periodicamente variabile (motori Diesel, motrici a vapore a stantuffo ecc.); ma anche con motori primi a momento costante possono verificarsi oscillazioni pendolari nell'alternatore o per imperfetta sincronizzazione o per corto circuito della rete. L'avvolgimento smorzatore deve qui preferibilmente essere di piccola resistenza, quindi costruito in rame. *N.*

IMPIANTI.

J. Goldstein. — **I riduttori di misura nella centrale di Verbois e nell'impianto di distribuzione della centrale termica di Ginevra.** (A.S.E., Bull. 22 marzo 1944, pag. 144 a 150, con 15 fig.). **20 i**

Data la necessità di economizzare spazio nell'impianto a 18 kV (tensione di generazione degli alternatori) si è adottato anzichè il normale gruppo di due riduttori di tensione, un riduttore trifase tipo Tempel per 20 kV di tensione nominale, 64 kV di tensione di prova. Questa forma, storicamente primitiva del riduttore trifase, a cagione del nucleo magnetico perfettamente simmetrico, porta a parecchi vantaggi che sono importanti per il collegamento trifase. La corrente a vuoto non ha per i riduttori di tensione tanta importanza come per quelli di corrente; interessa soprattutto l'angolo di errore a vuoto, il cosiddetto angolo iniziale che deve essere piccolo non essendo in generale prevista alcuna compensazione. La nuova costruzione del riduttore di tensione si è dimostrata assai vantaggiosa a questo riguardo: la uniforme distribuzione delle amper-spire necessarie per la magnetizzazione comporta una piccolissima corrente a vuoto. Un altro vantaggio è quello della diminuzione delle armoniche superiori della corrente di magnetizzazione. La costruzione simmetrica porta pure come conseguenza eguali errori di rapporto e di angolo per tutte le 3 fasi; l'A. riporta i dati numerici relativi e le curve di errore in funzione del carico, e anche la curva, calcolata e misurata, della corrente a vuoto in funzione dell'induzione nel ferro; la curva misurata è tutta inferiore a quella calcolata coi metodi usuali. Il punto neutro di un riduttore di tensione costruito con un ordinario nucleo trifase non può venire collegato a terra: nel caso che una fase andasse a terra, se il centro fosse a terra, si verrebbe a manifestare corrente di intensità eccessiva negli avvolgimenti; negli ordinari riduttori trifasi si ovvia all'inconveniente introducendo un quarto o anche un quinto montante e si ottiene il noto tipo di nucleo con cortocircuito magnetico, che però non è più simmetrico. Rilievi sperimentali hanno dimostrato che nel nuovo tipo di riduttore con nucleo tipo Tempel l'inconveniente è meno sentito ma che la capacità di carico nel funzionamento a centro isolato diminuisce assai. Si è risolta la difficoltà applicando 3 montanti ausiliari fra i due gioghi in posizioni perfettamente simmetriche rispetto ai montanti principali; l'A. analizza il comportamento di questi montanti ausiliari nel caso della messa a terra di una fase e dimostra i vantaggi che ne derivano nel comportamento del riduttore. Per la inserzione poi di relè di terra wattmetrici occorre una tensione, per la bobina di tensione del relè, che quando non v'è messa a terra è nulla e quando una fase vada a terra raggiunga 110 V; ciò si può ottenere con un'avvolgimento ausiliario a triangolo aperto; ogni montante del nucleo porta, oltre l'avvolgimento secondario, un avvolgimento ausiliario. I riduttori di corrente nella centrale di Verbois e nella Centrale Termica sono tutti del tipo a conduttore passante, sia quelli per forte intensità (fino a 2500 A) sia quelli per piccole intensità (180 A); ciò è stato reso necessario dalle fortissime sollecitazioni dinamiche previdibili in caso di un cortocircuito. La maggior parte di questi riduttori sono a più nuclei essendo avvicinati in un unico passante i riduttori di misura, quelli per i relè e quelli per le protezioni; si ottiene così una grande riduzione di spazio nella installazione. Per i riduttori di misura, per il rapporto 250/5 A, si esigeva una prestazione di 60 VA in classe 0,5, ciò che richiese l'adozione di una premagnetizzazione: la corrente secondaria percorre un avvolgimento ausiliario sul quale è messa in parallelo una impedenza; l'avvolgimento ausiliario è disposto a croce e, grazie ad un opportuno proporzionamento dell'impedenza, riceve soltanto una corrente di premagnetizzazione necessaria a produrre nel ferro del nucleo una permeabilità massima e approssimativamente costante; grazie al collegamento a croce l'avvolgimento ausiliario non induce nessuna corrente negli altri avvolgimenti e questi non ne inducono alcuna nell'avvolgimento ausiliario. L'A. espone molte considerazioni sul comportamento di tali riduttori a nucleo premagnetizzato, e riporta le curve della variazione della permeabilità in funzione degli A/cm per nuclei premagnetizzati e senza premagnetizzazione. I relè destinati a segnalare le correnti di messa a terra si costruiscono spesso ad anello; quelli di Verbois possono essere disposti coi secondari in collegamento di Holmgren o altro equivalente e ciò permette di disporli con un proprio nucleo su gli stessi passanti dei riduttori di misura. L'A. espone alcune considerazioni sul calcolo e il dimensionamento di questi riduttori. *N.*

Per il cambio di indirizzo inviare **L. 16.—** unitamente alla fascetta vecchia

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ISTITUTO SCIENTIFICO SPERIMENTALE INDUSTRIALE

VIA UGO BASSI N. 21 — TELEFONI 690-633 - 690-259

MILANO

LABORATORI DI STUDI E RICERCHE PER IL CONTROLLO RAZIONALE DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE

MISURE E CONSULENZE

ACUSTIMETRICHE

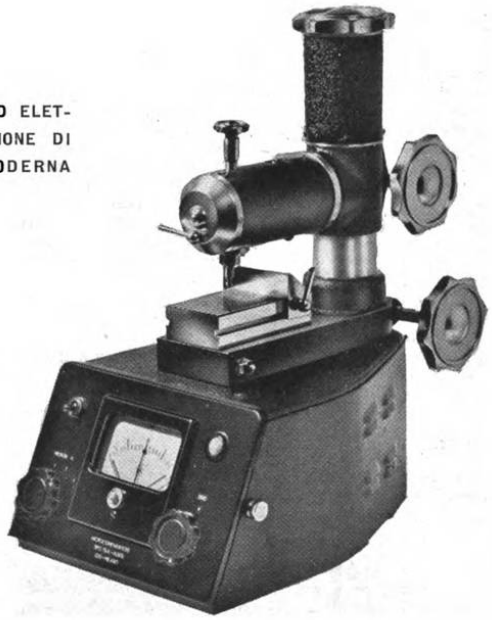
SILENZIAMENTO DI MACCHINE, VEICOLI, LOCALI – ACUSTICA ARCHITETTONICA – ESAME E MISURE DI ISOLAMENTO E ASSORBIMENTO ACUSTICO SU MATERIALI

VIBROMETRICHE

ESAME E RILIEVO DELLE VIBRAZIONI MECCANICHE SU MACCHINE, VEICOLI, ECC. – STUDI, MISURE E APPLICAZIONI DI DISPOSITIVI E DI MATERIALI ANTIVIBRANTI

COSTRUZIONE

APPARECCHI DI MISURA DI PRECISIONE MECCANICI ED ELETTRICI PER IL PRATICO CONTROLLO DELLA PRODUZIONE DI OFFICINA SECONDO I DETTAMI DELLA TECNICA MODERNA



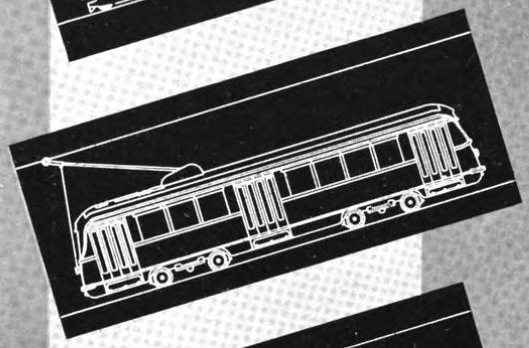
MICROCOMPARATORE ELETTRICO TIPO 73 A.

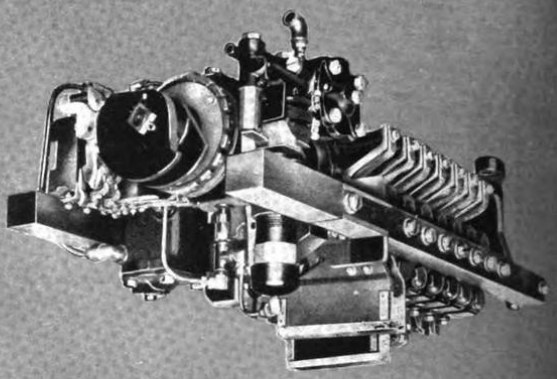
Sensibilità: ± 5, ± 10, ± 20, ± 30 micron - alla massima sensibilità una graduazione = 0,25 micron.

Funziona con qualunque tensione alternata – è insensibile alle variazioni di tensione della rete.

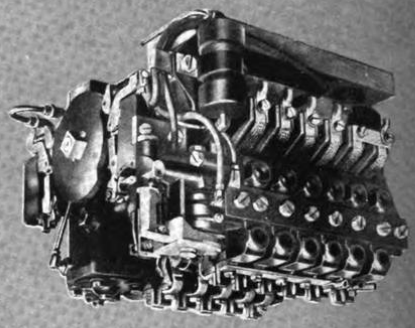
Biblioteca nazionale centrale di Roma

EQUIPAGGIAMENTI PER TRAZIONE CGE
CON COMANDO DEL TIPO PCM



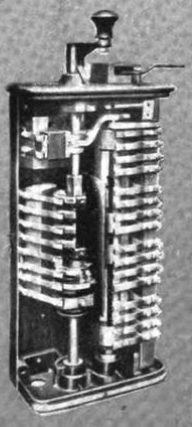


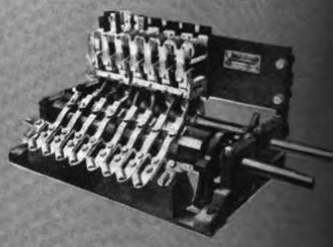
Nuovo tipo di comando PCM per automotrici a 3000 V.



Comando PCM per vetture tranviarie e filoviarie a 600 V.

- Alte e regolari accelerazioni all'avviamento.
- Raggruppamento degli organi di comando in un unico complesso.
- Ridotte dimensioni di ingombro.





Avviatori a manovella e a pedale per comando PCM

CGE

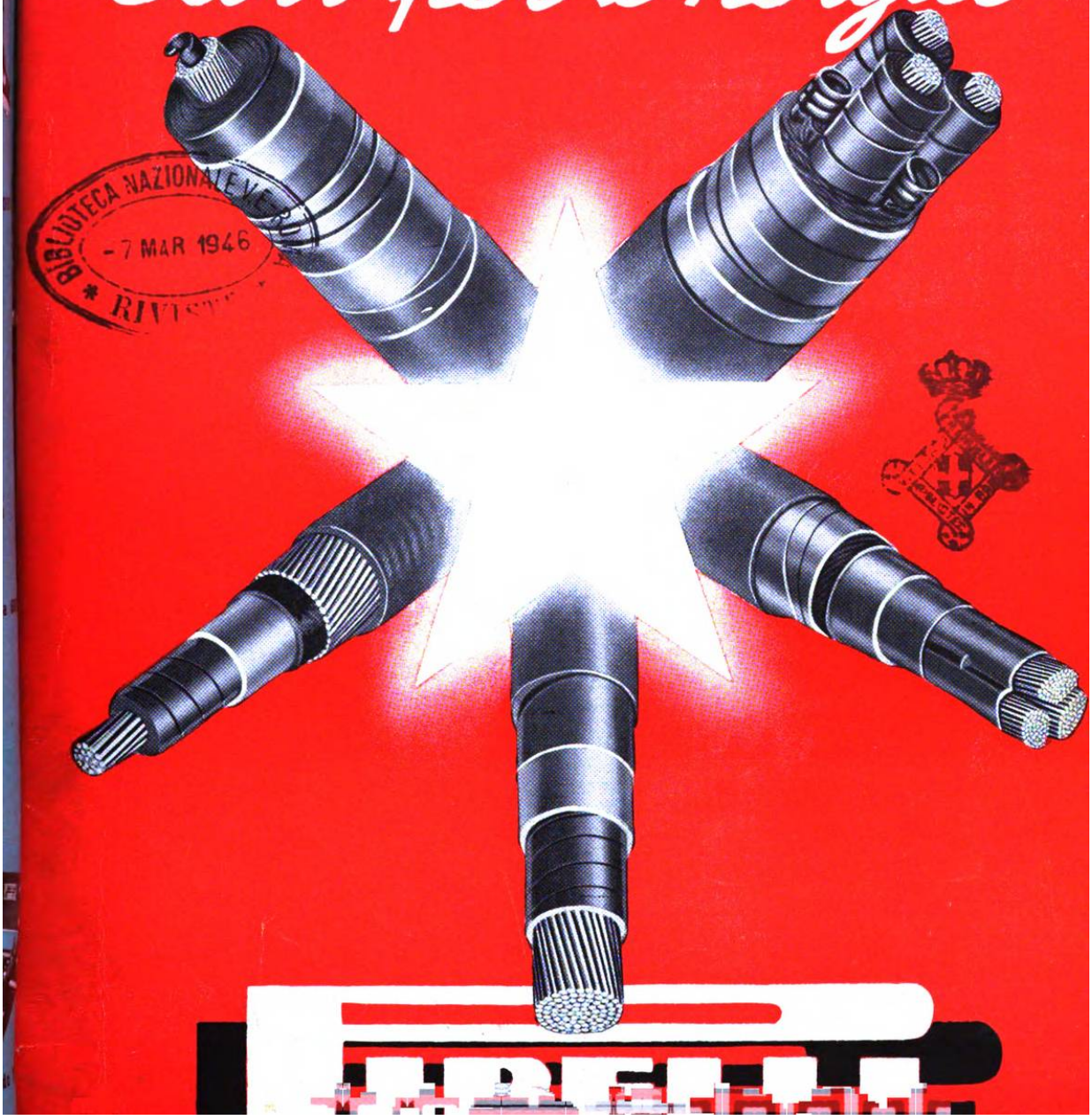
COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ - MILANO

Biblioteca nazionale centrale di Roma

L'ELETTROTECNICA

AEI GIORNALE ED ATTI DELL'ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
POSTA SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

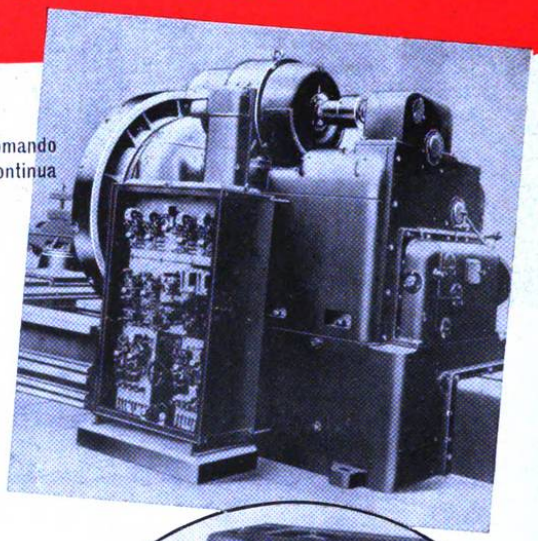
Cavi per energia



BIBLIOTECA NAZIONALE
- 7 MAR 1946
RIVISTE

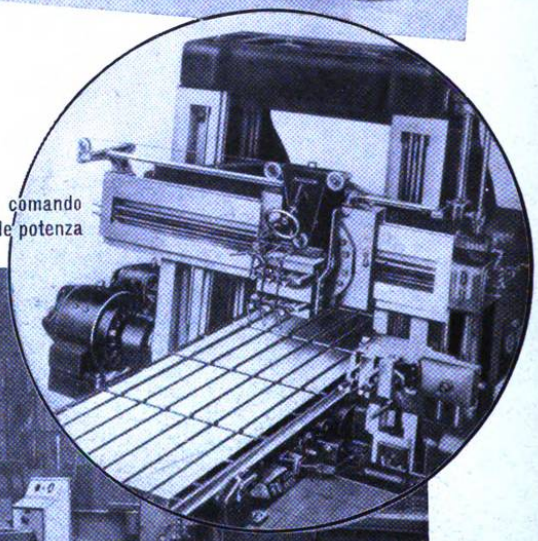
Biblioteca nazionale centrale di Roma

EQUIPAGGIAMENTI ELETTRICI
PER MACCHINE UTENSILI

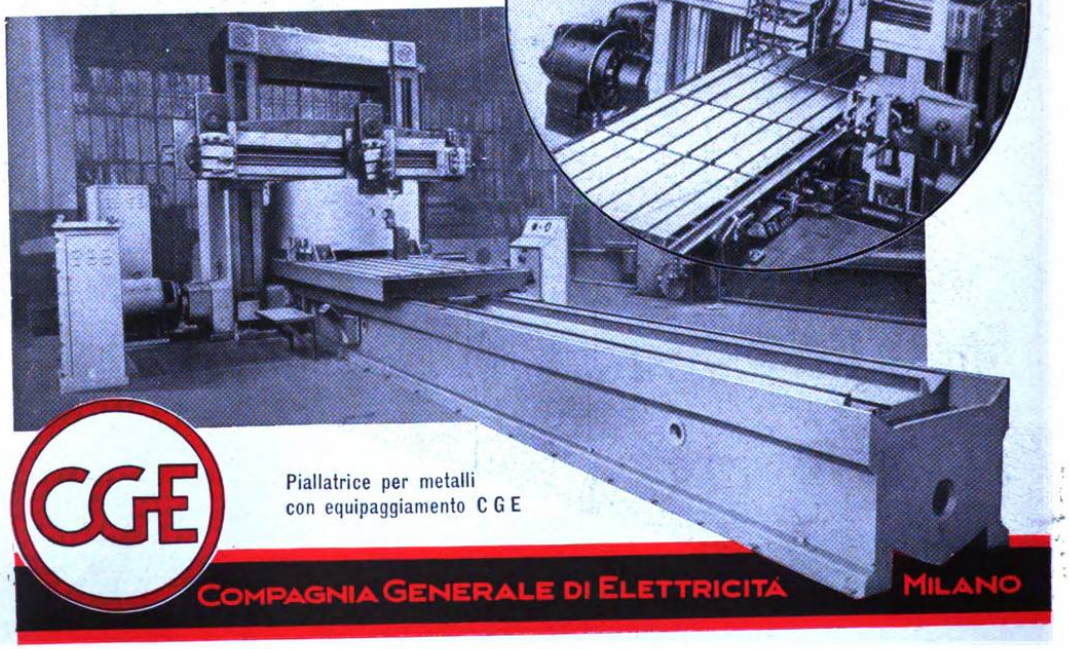


Tornio con comando a corrente continua

- Azionamenti singoli e plurimotori.
- Comandi automatici e semiautomatici.
- Motori e motoriduttori di caratteristiche e di esecuzione speciali per comandi diretti.
- Interruttori automatici ed apparecchiature a contattori per il comando a distanza e la protezione dei motori di azionamento.



Piallatrice con comando speciale di grande potenza



Piallatrice per metalli con equipaggiamento C G E

CGE

COMPAGNIA GENERALE DI ELETTRICITÀ — MILANO

Biblioteca nazionale centrale di Roma

VOL. XXXII (XLIX DEGLI ATTI) 10-25 Dicembre 1945 N. 12
Pubblicato il 15 Febbraio 1946

L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA
ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO L'ALTO PATRONATO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO A. BARBAGELATA, DIRETTORE DELLA RIVISTA – U. BORDONI - M. SEMENZA - G. VALLAURI
REDAZIONE R. SAN NICOLÒ, REDATTORE CAPO – F. NERI - G. SILVA, REDATTORI – M. BOELLA - P. LOMBARDI, COLLABORATORI ORDINARI
AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A. E. I. – MILANO – VIA SAN PAOLO, 10 – TEL. 13-713 – C/C POSTALE 3/1189
È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI – GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI
GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A. E. I.
I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE
SI INVIA GRATIS AI SOCI DELLA A.E.I. – IN ITALIA: ABBONAMENTO ANNUO L. 500; PREZZO DEL PRESENTE FASCICOLO: PER I SOCI DELL'A.E.I. L. 40,–; PER I NON SOCI L. 50,–.

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:
Sulla progettazione degli impianti idroelettrici ad alta caduta e piccola portata ad uso di industrie proprie (C. LAMPIS) Pag. 254
Abbagliamento ed uniformità del campo abbagliante (C. M. GARELLI) . . . . . » 268

Notizie dell'Associazione:
Notizie delle Sezioni: Sezione di Genova . . . . . Pag. 270
Sezione Pugliese . . . . . » 271
Necrologio: Dott. Ing. Giulio Schroeder . . . . . » 272

PARTE SECONDA

Sunti e Sommari . . . . . » 85D

Lo sfruttamento delle risorse idroelettriche.

Tutti ricordano le ampie discussioni che si sono svolte, anche in seno alla A.E.I., intorno ai futuri programmi della utilizzazione delle nostre risorse idroelettriche. L'andamento degli avvenimenti bellici e le dolorose vicende nelle quali il nostro Paese si è trovato travolto, hanno purtroppo mutato molti elementi fondamentali della situazione e per parecchi anni l'attività costruttrice delle imprese elettriche sarà assorbita, specialmente in certe regioni d'Italia, più assai dalla necessità di ricostruire quanto è stato distrutto che non dalla possibilità di affrontare nuove costruzioni.

Il ritmo dell'utilizzazione dei nostri corsi d'acqua dovrà quindi forzatamente subire un rallentamento, anche in relazione all'enorme aumento dei costi e alle difficoltà finanziarie. I programmi sono perciò da rivedere e ciò sarà fatto con maggiore libertà di iniziativa che non sotto il regime dittatoriale ma, speriamo, con larghe vedute, con il necessario coordinamento e senza perdere di vista il superiore interesse nazionale.

D'altra parte è logico ritenere, e dobbiamo fermamente volere, che, superata la crisi contingente, si delinei una forte ripresa delle nostre industrie chiamate, da una parte a sopperire alle immense necessità della ricostruzione nazionale, e dall'altra ad alimentare quelle correnti di esportazione sulle quali dobbiamo contare come sopra uno dei principali contributi per il sollevamento economico del Paese.

La richiesta di energia elettrica riprenderà quindi ben presto ad aumentare anche se, superate le contingenze attuali, andranno diminuendo gli esageratamente accresciuti consumi domestici.

Resta quindi ancora incombente e preoccupante il fatto della relativa scarsezza delle disponibilità di energia rappresentate dai nostri corsi d'acqua nei confronti delle necessità nazionali.

A questa situazione che minaccia di diventare, sia pure a scadenza un poco rinviata, assai pericolosa per la nostra attività generale non si può evidentemente far fronte se non con due vie: razionale organizzazione delle forniture per i diversi usi e sfruttamento sempre più spinto dei corsi d'acqua.

In quest'ultimo campo è ben noto che gli impianti più convenienti sono stati ormai costruiti o progettati e se la moderna tecnica degli impianti a piccola caduta apre ancora un campo abbastanza vasto per la utilizzazione del basso corso dei fiumi più importanti è pur certo che si presenta oramai la necessità di pensare seriamente anche allo sfruttamento dei corsi d'acqua minori.

La tecnica delle centrali automatiche soccorre assai utilmente a questo riguardo; e tali impianti, già numerosi, sono destinati indubbiamente ad aumentare continuamente.

Resteranno però indubbiamente molti casi nei quali l'allacciamento di questi modesti impianti sulle grandi reti si presenterà poco conveniente, per molte ragioni facili a intuire.

Una razionale utilizzazione dei corsi d'acqua minori può invece spesso essere effettuata con impianti indipendenti, a servizio di singole industrie. Opere relativamente modeste, se razionalmente studiate con una esatta valutazione delle esigenze della industria, possono permettere di ottenere una sufficiente regolazione di corsi d'acqua a regime torrentizio, assicurando alla industria una sufficiente disponibilità di energia.

Il problema, indubbiamente interessante, è oggi presentato dall'ing. C. LAMPIS in una analisi dettagliata ed esauriente.

Abbagliamento.

La ricerca che oggi pubblichiamo, della dottoressa GARELLI presentata dal prof. Deaglio rappresenta un ulteriore contributo sopra il fenomeno di abbagliamento, ed i risultati ottenuti con un elegante artificio sperimentale sono da ritenersi una messa a punto in questo importante argomento.

I problemi dell'abbagliamento acquistano sempre più importanza nella vita moderna specialmente in relazione all'accresciuto traffico dei veicoli marcianti a grandi velocità.

L'argomento va affrontato particolarmente in via sperimentale e il nostro giornale ha già avuto più volte occasione di pubblicare studi di tale genere (vedi, fra l'altro, « L'Elettrotecnica », 1941, pagg. 570-602-605 e 609).

LA REDAZIONE

Biblioteca nazionale centrale di Roma

SULLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI IDROELETTRICI AD ALTA CADUTA E PICCOLA PORTATA AD USO DI INDUSTRIE PROPRIE

CELESTINO LAMPIS

Per l'impianto idroelettrico al servizio di una industria propria, l'A., previo esame delle fermate ricorrenti e dell'orario di lavoro, stabilisce la capacità del serbatoio di regolazione e la potenza delle macchine che si rendono indispensabili per adattare le caratteristiche idrauliche del corso d'acqua al diagramma di carico dell'opificio, onde ottenere una elevata utilizzazione.

1. - PREMESSE.

Intendiamo mostrare come risorse idriche apparentemente modeste se utilizzate razionalmente possano procurare risultati che a prima vista sembrerebbero impossibili. Abbiamo davanti un caso in cui servendoci di una piccola portata (si è scesi nei primi mesi del 1944 a 20 l/s!) ma disponendo di un salto cospicuo (750 m) si è potuto dar vita ad un impianto che da più di cinque anni fa fronte alle esigenze di uno stabilimento meccanico con oltre mille operai. Stabilimento che impiega energia elettrica oltre che per tutti i bisogni di forza motrice anche ed in notevole misura in forni per trattamenti termici e perfino in due caldaie elettriche da 100 kW l'una, per galvanoplastica e riscaldamento: officina in altre parole, molto più « elettrificata » di tante altre.

Si tratta essenzialmente di utilizzare le acque in forma appropriata all'utente da servire, che in questo caso è uno solo.

Nocciolo dell'argomento: fissare le linee per una progettazione che tenendo nel debito conto le caratteristiche idriche del torrente si adatti al diagramma di lavorazione dello stabilimento cui l'impianto è destinato, con l'intento di arrivare ad una utilizzazione quanto più possibile elevata del corso d'acqua. Adattamento che riguarda essenzialmente la regolazione della portata, la potenza da installare e la suddivisione di essa (numero dei gruppi).

Si comprende a priori come una cosa sia servire un'utenza che abbia un prelievo di molte ore con poche variazioni, altra cosa sia servire un'utenza che lavori poche ore al giorno con grandi sbalzi di potenza. Caso ideale: prelievo continuo (nel tempo) e costante della potenza e adattabile nelle diverse stagioni alle disponibilità del torrente, quale potrebbe essere una fonderia che disponga di un numero adeguato di forni per variare opportunamente il carico e possa immagazzinare i pezzi fusi: caso in cui al serbatoio idrico si possa cioè sostituire la materia lavorata, in cui anzichè l'acqua s'immagazzini la merce.

Sarà l'industriale a fare i conti se convenga spendere per dighe e serbatoi artificiali, una volta tanto, o investire in materia prima di tanto in tanto. Il progettista d'impianti trova lo stabilimento qual'è e si deve adattare alle sue esigenze, chiedendo tutt'al più qualche modifica. Questo almeno è il punto di vista dal quale noi ci mettiamo.

Abbiamo fatto cenno di serbatoio perchè è bene precisare subito che senza una regolazione almeno giornaliera e possibilmente settimanale l'utilizzazione di piccoli corsi d'acqua a carattere torrentizio, di cui qui si tratta, non può essere che incompleta.

A proposito di serbatoi va osservato che piccoli torrenti alpini presentano raramente la possibilità di costruire un serbatoio stagionale e questo per altro non è quasi mai un vero inconveniente perchè un'industria privata non sopporta tanto facilmente la spesa a ciò occorrente che è sempre cospicua. È più facile trovare l'industria e l'industriale propensi ad adattare i prelievi di energia alle disponibilità idriche del corso d'acqua investendo in macchinario ed in materia prima da lavorare con diversa intensità secondo le stagioni, sostituendo al serbatoio idrico il magazzeno: l'investimento può essere ancora rilevante ma il giro di capitale è più breve e per questo meglio capito ed in definitiva più facilmente seguito.

Meno raro ma tuttavia poco frequente è il caso che il torrente presenti possibilità naturali per un serbatoio atto alla regolazione giornaliera o settimanale mediante uno sbarramento sull'asta dello stesso corso d'acqua o su qualche ondulazione naturale e laterale al torrente. Generalmente si finisce per dover ricorrere ad un serbatoio completamente artificiale, ricavato cioè mediante apposito scavo e talvolta rivestito anche sul fondo, come una specie di piscina. A questi casi, che escludono il serbatoio stagionale, intendiamo riferirci.

Comunque è intuitivo che l'utilizzazione razionale del corso d'acqua risieda anzitutto nel suo adattamento al diagramma di lavorazione dello stabilimento al quale è destinato e del quale occorre quindi esaminare in primo luogo l'andamento.

2. - PERIODI DI FERMATA.

Sia un'industria con orario normale di lavoro. È necessario stabilire il periodo più lungo di riposo giornaliero e settimanale cui riferirsi. In via di massima i casi di fermata si possono ritenere i seguenti:

1)	dalle	18	di un	giorno	alle	6	dell'indomani:	12	ore
2)	»	18	»	»	»	6	del dopodom.:	36	»
3)	»	13	del	sabato	»	6	» lunedì:	41	»
4)	»	13	»	»	»	6	» martedì:	65	»
4')	»	18	»	»	»	6	» :	60	»
5)	»	18	»	venerdì	»	6	» lunedì:	60	»
6)	»	18	»	giovedì	»	6	» :	84	»
7)	»	13	»	sabato	»	6	» mercoledì:	89	»
7')	»	18	»	»	»	6	»	84	»

Il caso 1, fermata notturna, presuppone un orario di lavoro di 12 ore giornaliere (11 con la fermata del mezzogiorno) ciò che può ritenersi normale per uno stabilimento che dispone di una centrale elettrica e che deve pertanto aver cura di estendere l'orario in modo da secondare la migliore utilizzazione. I casi 2 (festa semplice) e 3 (festa domenicale) non hanno bisogno di essere chiariti. I casi 4 e 5 contemplano la festa anche del lunedì o del sabato, ossia la doppia festa; il caso 6 si verifica quando è festa al venerdì: quasi sempre si preferisce allora di fermare anche al sabato. Il caso 7 avviene analogamente se è festa al martedì.

Nella tabella I sono elencati i giorni ed i casi di fermata per l'anno 1944 supposte ancora in vigore quattro feste sospese causa la guerra. In altri anni ci potranno essere variazioni di data ma il complesso delle fermate sarà pressochè lo stesso.

Nei casi 4 e 7 però si suole lavorare al sabato fino alle 18, sicchè essi diventano eguali ai casi 4' e 7' e di pari durata con i casi 5 e 6. In definitiva i periodi di fermata giornaliera e settimanale sono cinque: 12, 36, 41, 60 ed 84 ore.

Nella tabella I sono segnate con asterisco le feste non domenicali che hanno provocato la fermata nei casi 4, 5, 6, 7. In complesso sono 28 giorni festivi fra i quali

Biblioteca nazionale centrale di Roma

9 domeniche e 5 sabati, cui sommando altre 44 domeniche (il 1944 ne comprende 53) si hanno in totale 72 giorni festivi; 294 lavorativi fra cui 53-5 = 48 sabati. Fra questi: 41 si lavora solo 7 ore e 7 che precedono la doppia festa (8/4, 6/5, 12/8 e 23/12) oppure cadono in settimana con due giorni festivi (13/5, 19/8 e 30/12) si lavora 12 ore come gli altri giorni feriali.

TABELLA I.

Data (1944)	Giorni	Ore di fermata	Caso	Note
Tutti i giorni meno i seguenti	—	12	1	Fermata notturna
Tutte le domeniche meno le seguenti	D.	41	3	Festa domenicale
1+ e 2 genn.	S. D.	60	5	» al sabato
6 »	G.	36	2	» semplice
9 e 10+ apr.	D. L.	65	4	» al lunedì
21+, 22, 23 apr.	V. S. D.	84	6	» venerdì
7, 8, 9+ magg.	D. L. M.	89	7	» al martedì
18 »	G.	36	2	» semplice
8 giugno	G.	36	2	» »
29 »	G.	36	2	» »
13, 14, 15+ agos.	D. L. M.	89	7	» al martedì
28+-29 ott.	S. D.	60	5	» sabato
1 novembre	Merc.	36	2	» semplice
4+, 5 novembre	S. D.	60	5	» al sabato
8+, 9, 10 dicem.	V. S. D.	84	6	» » venerdì
24, 25+, 26+ dic.	D. L. M.	89	7	» lunedì e mar.

Riassumendo (per il 1944, bisestile e cominciato con sabato):

giorni feriali (compresi 7 sabati), 12 ore di lavoro = 253
sabati, 7 ore di lavoro ..... = 41
giorni festivi e domenicali, lavoro nullo ..... = 72

Totale, giorni dell'anno ..... = 366

ore di lavoro in un anno: $253\times12+41\times7+72\times0$ = 3323
» » fermata id. : $253\times12+41\times17+72\times24$ = 5461

Totale ore dell'anno 1944 .... = 8784

Esaminando la tabella I e tenendo conto delle osservazioni precedenti si riscontrano le ricorrenze segnate nella tabella II.

TABELLA II.

Mese	Portata	Casi di fermata 1 (ore 12)	2 (ore 36)	3 (ore 41)	4 (ore 60)	5 (ore 84)
Gennaio	magra	18	1	4	1	—
Febbr.	»	21	—	4	—	—
Marzo	»	23	—	4	—	—
Aprile	media	17	—	3	1	1
Maggio	morbida	19	2	2	—	1
Giugno	»	18	2	4	—	—
Luglio	media	21	—	5	—	—
Agosto	magra	21	1	2	—	1
Settem.	media	22	—	4	—	—
Ottobre	morbida	20	—	4	1	—
Novem.	media	19	1	3	1	—
Dicemb.	»	17	1	2	—	2
Totale fermate N.		236	8	41	4	5

Poichè la stessa fermata incide diversamente a secondo del periodo (magra, media, morbida) in cui capita, riassumiamo e raggruppiamo come nella tabella III i casi di fermata, ciò che faciliterà i computi successivi.

TABELLA III.

Portata di	Caso di fermata 1 (ore 12)	2 (ore 36)	3 (ore 41)	4 (ore 60)	5 (ore 84)
magra.....	83	2	14	1	1
media	96	2	17	2	3
morbida ..	57	4	10	1	1
Totale ..	236	8	41	4	5

Il caso 3 ricorre 53 volte nell'anno 1944 ma si riduce a 41 volte perchè 4 + 5 volte si trasforma nei casi seguenti e 3 volte si riduce al caso 2.

Non è stato contemplato il caso di ferie estive con chiusura completa dell'opificio per una-due settimane perchè avviene (quando avviene) solo una volta all'anno e sarebbe assurdo di raddoppiare o quadruplicare la capacità di un serbatoio per una esigenza così rara.

3. - CAPACITÀ DEL SERBATOIO ED UTILIZZAZIONI CHE SI RAGGIUNGONO.

Supponiamo un torrente alpino per cui siano mediamente prevedibili le portate in m³:

Q, magra, per 4 mesi all'anno (genn., febb., marzo, agosto);
Q_1, media, » 5 » » (apr., lugl., sett. nov., dic.);
Q_2, morbida, » 3 » » (magg., giugno, ott.).

Con il salto utile H in m e quindi le potenze disponibili, in cifre tonde (kW):

$$P = 7{,}5\,Q\cdot H \quad ; \quad P_1 = 7{,}5\,Q_1\cdot H \quad ; \quad P_2 = 7{,}5\,Q_2\cdot H$$

e l'energia ritraibile *settimanalmente* (168 ore), in kWh:

$$W = 1260\,Q\cdot H \quad ; \quad W_1 = 1260\,Q_1\cdot H$$
$$W_2 = 1260\,Q_2\cdot H$$

Si abbia d'altro lato uno stabilimento, cui l'impianto è destinato, che lavori nelle tre stagioni suesposte rispettivamente h, h_1 ed h_2 ore alla settimana. Esso potrà essere alimentato dall'impianto predetto con la potenza media:

$$P' = 1260\,H\frac{Q}{h} \; ; \quad P_1' = 1260\,H\frac{Q_1}{h_1} \; ;$$
$$P_2' = 1260\,H\frac{Q_2}{h_2} \, .$$

Se il prelievo fosse continuo, ossia fosse $h = h_1 = h_2 = 168$ ore, non occorrerebbe regolazione idraulica e resterebbe soltanto l'altro problema, ancora grave, di disporre nelle diverse stagioni fonti di utilizzazione (macchine, forni, ecc.) proporzionali alle diverse portate.

Supposto per un momento risolto questo secondo problema resta da provvedere ad accumulare le acque quando non si lavora, dato che il prelievo subirà le interruzioni già viste.

Come stabilire la capacità del serbatoio? Regole fisse, è manifesto, non se ne possono dare, troppi essendo i casi e le circostanze della pratica. Basti pensare all'influenza che può avere sulla scelta il salto disponibile: quanto maggiore sarà la caduta tanto più conveniente sarà l'adozione di un serbatoio di maggiore capacità.

Si possono però stabilire dei criteri di massima, te-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

nendo sempre presente che si tratta di piccoli torrenti non muniti di serbatoio stagionale, e d'impianti per industrie private, non collegati cioè a reti di distribuzione che potrebbero assorbire tutta l'energia producibile anche senza serbatoio. Ordini di grandezza: salti non inferiori a 200 m, portate non superiori a 500 l/s.

a) Un impianto del genere *senza serbatoio*, o tutt'al più provvisto di un modesto bacino per superare le oscillazioni di carico momentanee e compensare la riduzione di lavoro a mezzogiorno, un impianto cioè che utilizzasse la portata solo per 3323 ore sarebbe un assurdo, perchè soltanto per questo fatto (prescindendo cioè dall'ulteriore sperpero per la difficoltà di adeguare il carico alla potenza disponibile con il variare della portata da un'epoca all'altra) utilizzerebbe il $3323/8784\ 100 = 37\ 8\ \%$ dell'energia disponibile (supposte le 3323 ore di lavoro distribuite proporzionalmente nelle diverse stagioni).

Un impianto simile non dovrebbe essere più costruito (purtroppo in passato ne sono stati costruiti molti). Potrebbe essere *tollerato* soltanto nel caso di un'industria con lavoro continuo come per es. un'industria tessile o metallurgica perchè in tal caso le ore lavorative non sarebbero più 3323 ma potrebbero essere il doppio, ma per un'industria con orario normale di lavoro, come da noi presa in esame, no.

Riaffiora il concetto già espresso e che svilupperemo sempre più diffusamente, che l'impianto idroelettrico per servizio privato deve essere fatto *su misura*, ossia adeguato al tipo d'industria che s'intende servire.

Il serbatoio dunque è indispensabile, ma di quale capacità? Escluso, per le ragioni già prospettate il serbatoio stagionale, la capacità dovrà naturalmente essere commisurata alle fermate che ricorrono. Ma a quale fermata? Se non si volesse « buttare acqua » in nessuna circostanza, bisognerebbe fare il serbatoio capace almeno di $84 \times 3600 \cdot Q_2$ m³. Ma *ciò* sarebbe troppo oneroso, e, come vedremo, non indispensabile.

Vediamo a che limite conviene ridurre.

Un criterio razionale per la scelta sarebbe quello (in uso per le linee di trasporto, le condotte forzate, ecc.) di mettere a confronto da un lato gli oneri derivanti dall'ingrandire il serbatoio, dall'altro il maggiore o minore introito per la maggiore o minore quantità di energia elettrica che si ricava. Senonchè questo sistema di calcolo potrà essere adottato solo di volta in volta e non in generale, perchè non si può sempre dire che aumentando la capacità diminuisca (con una certa legge) il costo per m³ immagazzinato. Per piccoli serbatoi di montagna, completamente artificiali (scavo e rivestimento) succede spesso il contrario: è possibile trovare il posto per un piccolo serbatoio (un ripiano, una conchetta, ecc.) ma se si cerca d'ingrandire, molte volte la spesa per metro cubo d'invaso sale (anzichè diminuire) rapidamente.

Bisogna quindi accontentarsi di studiare un solo lato del problema: vedere la capacità necessaria e sufficiente per avere una buona utilizzazione del corso d'acqua avuto presente il diagramma di lavorazione (in particolare le fermate) dell'industria cui l'impianto è destinato. Per l'altro lato, ossia per la convenienza di adottare la capacità stessa, bisogna riportarsi al caso singolo, in base alla natura del terreno. E la scelta davanti al terreno non è difficile.

Cominciamo lo studio dal caso di fermata di 41 ore che riteniamo sia da prendere come base e che perciò sviluppiamo per il primo e più ampiamente.

b) *Serbatoio per 41 ore di fermata in magra* (20,5 ore con portata media, 14 ore in morbida).

Base della regolazione dev'essere dunque, a nostro parere, quello di *« non buttare acqua » almeno nei mesi di magra*, quindi la capacità minima da dare al serbatoio per il caso di fermata di 41 ore dovrà essere: $41 \times 3600 \cdot Q$ m³, essendo Q la portata di magra, cui corrisponderà l'energia accumulata $41 \times 7{,}5\ Q \cdot H$ kWh (Q in m³, H in m) posto $\eta = 0{,}765$ il rendimento complessivo del macchinario più la condotta forzata.

Prescindendo dai casi di fermata 4 e 5 (tabella III), di scarsa influenza perchè rari, l'impianto con un serbatoio simile sarà completamente regolato, in *periodo di magra*, lavorando, come già detto, h ore alla settimana con la potenza media $P' = 7{,}5\ Q \cdot H\ 168/h$. Lo stesso serbatoio potrà accumulare la portata media Q_1 per $t_1 = t\ Q/Q_1$ ore e la portata di morbida per $t_2 = t\ Q/Q_2$ ore: si butterà quindi acqua rispettivamente per $t\text{-}t_1$ e $t\text{-}t_2$ ore sulle 168 ore settimanali.

In pratica ed in prima approssimazione si può ritenere, sempre mediamente, che Q, Q_1 e Q_2 siano proporzionali ai numeri 1, 2, 3 (per torrenti delle nostre Alpi, trascurando le magre e le morbide fuori del normale) per cui risulta:

$$t = 41 \text{ ore} \quad ; \quad t_1 = 20{,}5 \text{ ore} \quad ; \quad t_2 = 14 \text{ ore}$$

Si « butterà acqua » quindi nei tre casi di portata per:

0 ore	20,5 ore	27 ore

sulle 168 ore settimanali.

Poichè le 41 ricorrenze del *caso 3* cadono (tabella III): 14 in periodo di magra, 17 in periodo di portata media e 10 in periodo di morbida, risultano le seguenti perdite nell'anno in ore di deflusso:

$$14 \times 0 + 17 \times 20{,}5 + 10 \times 27 = 618{,}5 \text{ ore}$$

Per il caso 1, con fermata di 12 ore, il serbatoio calcolato come sopra è sufficiente anche durante la morbida. Il caso 1 non darà mai luogo a perdite.

Per il caso 2, essendo la fermata di sole 36 ore, il serbatoio per 41 ore resta esuberante in periodo di magra e lascerà defluire l'acqua negli altri periodi rispettivamente per 15,5 e 22 ore. Dato che le 8 fermate annue capitano 2 in magra, 2 con portata media e 4 in morbida si hanno le seguenti perdite annue:

$$2 \times 0 + 2 \times 15{,}5 + 4 \times 22 = 119 \text{ ore}$$

Per il caso 4, con fermata di 60 ore, il serbatoio per 41 ore lascierà defluire l'acqua per 19 ore in magra, per 39,5 ore con portata media e per 46 ore con morbida e poichè le 4 fermate capitano 1 in magra, 2 con portata media ed 1 in morbida si hanno le seguenti perdite:

$$1 \times 19 + 2 \times 39{,}5 + 1 \times 46 = 144 \text{ ore}$$

Per il caso 5, con fermata di 84 ore, il serbatoio per 41 ore lascierà defluire l'acqua per 43 ore in magra, 63,5 ore con portata media, 70 ore in morbida, e poichè le 5 fermate annue capitano 1 in magra, 3 con portata media, 1 in morbida si hanno le seguenti perdite:

$$1 \times 43 + 3 \times 63{,}5 + 1 \times 70 = 303{,}5 \text{ ore}$$

Nel complesso dunque il serbatoio capace di accumulare l'acqua per 41 ore in *magra* sarà insufficiente:

nei 4 mesi di magra:

$$0 + 0 + 19 + 43 = 62 \text{ ore}$$

nei 5 mesi di portata media:

$$348{,}5 + 31 + 79 + 190{,}5 = 649 \text{ ore}$$

nei 3 mesi di morbida:

$$270 + 88 + 46 + 70 = 474 \text{ ore}$$

Si avrà quindi la utilizzazione in fatto di acqua:

per 4 mesi di magra (122 giorni):

$$100 - 100\ \frac{62}{122 \times 24} = 97{,}9\ \%$$

Biblioteca nazionale centrale di Roma

per 5 mesi di portata media (152 giorni):

$$100 - 100\,\frac{649}{152 \times 24} = 82{,}2\%$$

per 3 mesi di morbida (92 giorni):

$$100 - 100\,\frac{474}{92 \times 24} = 78{,}5\%$$

Tenuto conto del rapporto secondo i numeri 1, 2, 3 tra le portate nelle diverse epoche si può anche parlare di *utilizzazione annua come quantità di acqua* o di *energia*:

$$\frac{97{,}9 \times 1 \times 2928 + 82{,}2 \times 2 \times 3648 + 78{,}5 \times 3 \times 2208}{1 \times 2928 + 2 \times 3648 + 3 \times 2208}\,\% = 83{,}5\%$$

Ma è più logico parlare di utilizzazione annua come *valore* dell'energia (*utilizzazione economica*) ed in proposito si può supporre che questo valore sia in ragione inversa delle portate, ossia secondo i numeri 3, 2, 1 per i periodi di magra, media e morbida.

Con tale ipotesi la utilizzazione annua resta la semplice media pesata dei tre valori percentuali prima visti:

$$\frac{97{,}9 \times 2928 + 82{,}2 \times 3648 + 78{,}5 \times 2208}{8784}\,\% = 86{,}5\%$$

Il computo delle ore in cui il serbatoio di 41 ore risulta insufficiente nelle singole stagioni può essere riassunto nella seguente tabella IV, dove compaiono i numeri della tabella III moltiplicati per le ore di cui il serbatoio stesso risulta insufficiente nei singoli casi di fermata cui tali numeri si riferiscono. Nelle ultime tre righe della tabella IV sono riportate anche le utilizzazioni inerenti il serbatoio di 41 ore.

TABELLA IV.

Caso di fermata	Ore di fermata	Magra	Media	Morbida
1	12	83 × 0 = 0	96 × 0 = 0	57 × 0 = 0
2	36	2 × 0 = 0	2 × 15,5 = 31	4 × 22 = 88
3	41	14 × 0 = 0	17 × 20,5 = 348,5	10 × 27 = 270
4	60	1 × 19 = 19	2 × 39,5 = 79	1 × 46 = 46
5	84	1 × 43 = 43	3 × 63,5 = 190,5	1 × 70 = 70
Insufficenza del serbatoio .... ore		62	649	474
Utilizzazione stagionale ... %		97,9	82,2	78,5
Utilizzazione annua della energia ..... %		83,5		
Utilizzazione annua economica %		86,5		

Ripetiamo di esserci diffusi sul caso 3 di fermata (41 ore) perchè il serbatoio ad esso commisurato sembra a noi il più indicato; basandosi sugli altri casi si peggiora di tanto l'utilizzazione (casi 1 e 2) oppure si aumenta di molto la spesa (casi 4 e 5). Questo sempre in linea generale.

Per gli altri casi di fermata ci limitiamo a riportare nella tabella V i valori delle utilizzazioni cui si perviene con computi analoghi ai precedenti.

c) Riassunto delle utilizzazioni risultanti a secondo del serbatoio adottato.

TABELLA V.

Serbatoio capace di accumulare la portata di magra per ore	Utilizzazione della energia in periodo di: Magra %	Media %	Morbida %	Utilizzaz. annua dell'energia %	Utilizzaz. annua economica %
0	39,0	37,1	37,5	37,5	37,8
12	80,4	56,9	50,6	58,4	63,0
36	95,1	80,6	77,1	81,7	84,6
41	97,9	82,2	78,5	83,5	86,5
60	99,2	88,5	82,9	88,2	90,7
84	100,0	95,6	88,7	93,5	95,1

La tabella V ci dà un quadro completo della utilizzazione del corso d'acqua che si può raggiungere con un serbatoio di modesta capacità (sempre lasciando impregiudicata la difficoltà di adeguare il carico alla disponibilità idrica *media* stagione per stagione).

Tale utilizzazione risulta eccessivamente bassa e perciò intollerabile nel caso limite già visto di impianto senza serbatoio, e risulta pure inaccettabile con un serbatoio di 12 ore. Va osservato che il 37,8 % del caso senza serbatoio sarà in pratica anche più basso per la nessuna variazione di carico che tale mancanza consente e che invece in pratica si verificherà. Non solo ma la mancanza di serbatoio non consente neppure di utilizzare la media delle portate nelle varie ore del giorno.

Il serbatoio minimo con il quale si perviene ad una utilizzazione accettabile è quello capace di accumulare la portata di magra per 36 ore. Ciò è intuitivo perchè dato il rapporto da noi ammesso in via esemplificativa fra le portate nelle tre stagioni, come 1 : 2 : 3, questo serbatoio risulta capace di contenere anche in morbida l'acqua nelle 12 ore di fermata notturna, che è la più frequente (236 volte l'anno) e quindi quella che più incide. Eliminate le perdite in tale caso si capisce che l'utilizzazione sale ad un valore accettabile.

Tuttavia data la poca differenza di capacità (e quindi di spesa) con il serbatoio capace della portata di magra per 41 ore, è almeno a questo serbatoio che potendo si deve ricorrere, dato che esso è sufficiente in magra anche per il caso 3 (tabella III) che ricorre 44 volte. Questo serbatoio rappresenta dunque il minimo cui tendere e realizza allo stesso tempo una utilizzazione di cui si può essere soddisfatti, tale che a priori non si saprebbe immaginare. Del serbatoio per 36 ore per tanto non parleremo più.

4. - PORTATE DISPONIBILI NELLE ORE DI LAVORO.

Stabilita la capacità del serbatoio nasce il problema d'installare macchine capaci di smaltire nella frazione delle 168 ore settimanali destinate al lavoro tutta l'acqua disponibile nell'intera settimana più quella già accumulata nel serbatoio. Quindi la capacità del serbatoio influisce anche sulla potenza da installare, unitamente alle ore di lavoro ed alle fermate. Il numero normale di ore di lavoro per settimana è stato fissato in 67 (12 per 6 giorni feriali, più 7 al sabato) considerando come lavoro l'intervallo dalle 12 alle 13, ossia riferendosi all'erogazione della centrale più che all'attività dello stabilimento.

Però delle 52 settimane dell'anno solo 36 hanno 67 ore lavorative; 12 ne hanno di meno perchè comprendono delle feste e 4 di più (72 ore) perchè si lavora anche al sabato fino alle 18 per compensare la doppia festa che segue (confr. tabella VI).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA VI.

Portata	Settimane con ore di lavoro					Totali
	72	67	60	55	48	
Magra	1	15	—	1	1	18
Media	2	14	—	1	4	21
Morbida	1	7	1	3	1	13
Totale settimane	4	36	1	5	6	52
Totale ore di lavoro	288	2412	60	275	288	3323

Fra le settimane con minor numero di ore di lavoro tre (la seconda di maggio, la terza d'agosto e la quarta di dicembre, v. figg. 5, 8 e 12) dovevano avere 43 ore di lavoro, ma sono state portate a 48 ore facendo ancora lavorare al sabato fino alle 18 per compensare i due giorni festivi compresi nelle stesse settimane.

Per le settimane con orario normale di lavoro, 67 ore, e con il presupposto di utilizzare tutta l'acqua (se il serbatoio fosse sufficiente) la portata disponibile (magra, media e morbida) sarebbe

$$q' = Q\frac{168}{67} = 2{,}5\,Q \quad ; \quad q_1' = 2\,Q\frac{168}{67} = 5\,Q \quad ;$$

$$q_2' = 3\,Q\frac{168}{67} = 7{,}5\,Q$$

Ma l'insufficienza del serbatoio ed il variare delle ore di lavoro modificano rispettivamente numeratore e denominatore delle espressioni precedenti, secondo le formule:

$$q = Q\frac{168 \pm h_p}{h} \quad ; \quad q_1 = 2\,Q\frac{168 \pm h_p}{h} \quad ;$$

$$q_2 = 3\,Q\frac{168 \pm h_p}{h}$$

essendo h le ore di erogazione (lavoro) ed h_p le ore in cui l'acqua si accumula in precedenza nel serbatoio ($+ h_p$) o defluisce senza lavorare ($- h_p$). Generalmente h_p è da sottrarre, avendo supposto serbatoi di capacità appena sufficienti (e solo in magra) ai casi di fermata. Per questa stessa ragione h_p varia con la capacità del serbatoio dando luogo a valori diversi di q per lo stesso periodo lavorativo, tanto maggiori quanto maggiore è il serbatoio.

Casi particolari ricorrono per le settimane con feste intermedie, che bisogna considerare come composte di due periodi separati e per quelle che cadono parte in un mese e parte in un altro con portate differenti: es. agosto (magra); settembre (media). A parte occorre verificare i sabati con 7 ore di lavoro.

Tutto questo si vede bene nella tabella VII dove sono riuniti i calcoli delle portate disponibili nelle ore lavorative per tutte le settimane dell'anno e per i cinque casi già contemplati: quattro con serbatoio, uno senza. Precedono le 12 settimane con orario ridotto di erogazione, da 48 a 60 ore; seguono 4 settimane con orario normale di erogazione (67 ore) ma influenzate una (21-26 agosto) dalla fermata precedente e tre dal fatto di essere a cavallo fra mesi con portata differente; seguono ancora 4 settimane con orario di lavoro superiore al normale (72 ore) fra cui una (1-6 maggio) pure a cavallo (per la fermata che precede) fra mesi con portate differenti; chiudono la tabella i tre casi normali (67 ore di lavoro, fermata che precede e che segue di 41 ore), uno per tipo di portata. Per brevità sono state omesse e considerate normali tre settimane (24-29 aprile, 6-11 novembre, 11-16 dicembre) che restano influenzate dalla fermata precedente, ma solo per il serbatoio di 84 ore e di tanto poco da non valere la pena di elencarle.

Circa il meccanismo dei computi raccolti nella tabella VII basti chiarire la prima riga, settimana 3-8 gennaio 1944, con festa intermedia al giovedì e preceduta da una fermata di 60 ore delle quali 6 (dicembre) con portata media e 54 con portata di magra. Bisogna quindi considerare due periodi ed a parte verificare il sabato.

Con serbatoio da 84 ore: al lunedì alle 6 (inizio del lavoro) si sarà accumulato il volume $66 \times 3600 \times Q$: fino al mercoledì alle 18 si renderà disponibile l'ulteriore volume $60 \times 3600\,Q$: nel complesso $126 \times 3600\,Q$ da dividere per 36 ore di lavoro, con una portata risultante di $3{,}5\,Q$ come si vede in tabella. Per il secondo periodo settimanale: alle 6 del venerdì si sarà accumulato il volume $36 \times 3600\,Q$; fino alle 13 del sabato si renderà ancora disponibile il volume $31 \times 3600\,Q$: nel complesso dunque $67 \times 3600\,Q$ da dividere per le 19 ore di lavoro.

Con serbatoio per 60 e per 41 ore le cose si ripetono tali e quali tranne che al lunedì mattino i volumi raccolti non potranno essere superiori a $60 \times 3600\,Q$ ed a $41 \times 3600\,Q$; si perdono quindi $6 \times 3600\,Q$ e $25 \times 3600\,Q$ per insufficienza del serbatoio.

Con serbatoio per 12 ore l'acqua raccolta al lunedì mattino non potrà superare $12 \times 3600\,Q$ e quindi si perde $54 \times 3600\,Q$. E l'inconveniente si ripete per il secondo periodo settimanale in cui, essendo la fermata che precede di 36 ore, si perde il volume $24 \times 3600\,Q$. Per di più bisogna tenere distinto il sabato, giacchè fino alle 18 del venerdì è disponibile solo la portata $(12 + 12)\,Q/12 = 2\,Q$, mentre tra le 18 del venerdì e le 13 del sabato è disponibile la portata $(12 + 7) \cdot Q/12 = 2{,}71\,Q$. Circostanza quest'ultima che in particolare si verifica (con le varianti dovute alle stagioni) per tutte le settimane normali per orario di lavoro e per le fermate che precedono e seguono (ultime tre righe della tabella VII).

Nella tabella VII sono stati vagliati con cura tutti i casi verificatisi, compreso quello singolare della settimana 31/7-5/8 in cui con i serbatoi di 60 e 41 ore si verifica una perdita rispettivamente di 6 e di 10 ore tra il lunedì ed il martedì perchè l'acqua smaltita nelle 12 ore di lavoro del lunedì è inferiore a quella che si rende disponibile tra le 6 del lunedì e le 6 del martedì e ciò per il fatto che il lunedì (31 luglio) è giorno di portata media mentre il resto della settimana (agosto) è di magra.

Gli stessi risultati compresi nella tabella VII sono stati messi in grafico nelle figg. 1 ... 12 che riassumono per tutto l'anno, mese per mese ed in ciascun mese per ogni settimana ed ogni giorno, l'andamento delle portate disponibili, avuto riguardo alle feste, all'orario di lavoro ed al serbatoio adottato.

Nelle stesse figure il giorno lavorativo (12 ore) è rappresentato da un rettangolo di base (ascissa) costante e di altezza (ordinata) proporzionale alla portata media disponibile nelle ore di lavoro. I giorni festivi hanno la stessa base e l'altezza nulla, i sabati con 7 ore di lavoro una rappresentazione intermedia.

Per avere un disegno fedele, ogni giorno lavorativo si sarebbe dovuto rappresentare per metà (lavoro) come sopra e per l'altra metà (riposo) con ordinate nulle. Ciò avrebbe seghettato e complicato inutilmente il disegno: è preferibile dover ricordare che si tratta di rappresentazione convenzionale nel senso indicato.

I cinque casi di serbatoio capace della portata di magra per 84, 60, 41, 12 e 0 ore sono tutti riportati in di-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

segno e dove non compaiono cinque linee separate è perchè i risultati coincidono, ciò che capita spesso per i primi tre casi, quando non ricorrendo fermate superiori a 41 ore è indifferente avere il serbatoio per 84, 60 o 41 ore.

Prima di trarre dal disegno delle deduzioni sulle portate è utile osservare che in periodo di magra per la prima settimana di gennaio e per la prima e terza d'agosto e solo con serbatoio da 84 e 60 ore il diagramma avrebbe potuto essere « livellato » fino a renderlo quasi uniforme riportando parte delle acque da una settimana all'altra. Data questa limitazione e la nessuna influenza che ciò avrebbe sulle deduzioni seguenti non si è dato luogo nel disegno e nella tabella VII a tali compensazioni, e tanto meno ad altre di entità ancora minore.

Ancora utile può essere di chiarire il singolare andamento del diagramma in certi punti, per es. al 1° ed al 31 luglio (fig. 7), ciò che poi si riflette nella tabella VIII. Gli è che mentre il mese di luglio è di portata media, il giorno 1 è stato considerato come facente parte dell'ultima settimana (con festa intermedia) di giugno (morbida) ed il giorno 31 come facente parte della prima settimana di agosto (magra). Agli effetti dell'esercizio è sembrato cioè logico, qui come altrove, di prendere come unità il periodo settimanale.

I risultati contenuti nelle figg. 1-12 sono riassunti nella tabella VIII. I dati di questa tabella sono alla loro volta rappresentati dalla fig. 13 che riassume in forma sintetica l'andamento delle portate disponibili nelle 3323 ore di erogazione della centrale a secondo del serbatoio adottato. Questa figura e la tabella VIII permettono di stabilire rapidamente il macchinario da installare.

5. - Macchine da installare.

Per non ritornare due volte sullo stesso discorso ricordiamo a questo punto che mentre finora si è parlato di portata costante nelle 12 ore di lavoro (compresa l'ora del mezzogiorno) in pratica ci saranno delle variazioni che potranno essere anche notevoli. Nel fissare il macchinario occorrente bisogna tener conto di questo fatto.

Dato che le variazioni saranno diverse a secondo del tipo d'industria non si possono stabilire norme sicure per tenerne conto, ma salvo casi troppo favorevoli (come industrie tessili) o troppo sfavorevoli (come industrie in cui preponderano gruppi di laminazione o di saldatura) si può ammettere che rispetto al valore medio del carico supposto costante nel tempo un margine del 20 % cauteli sufficientemente. Questa norma bisognerà per altro applicarla con criterio elastico, abbondando per i serbatoi di piccola capacità: così nel caso limite di senza serbatoio, davanti alla portata di morbida 3 Q si seguirà la norma corrente di installare due gruppi da 2 Q ciascuno, con un margine del 33 %.

L'esistenza del serbatoio risulta provvida anche da questo lato: perchè consente le possibili variazioni di carico, mentre nel caso che abbiamo chiamato « senza serbatoio » bisogna pensare all'esistenza almeno di un piccolo bacino per sopperire alle punte temporanee ed alle variazioni di portata da un'ora all'altra. Diversamente non sarebbe possibile neppure la completa utilizzazione della portata fluente.

a) *Senza serbatoio.*

In mancanza di serbatoio è sulla portata fluente che ci si deve basare e, come abbiamo detto, il criterio corrente è d'installare due gruppi capaci ciascuno della por-

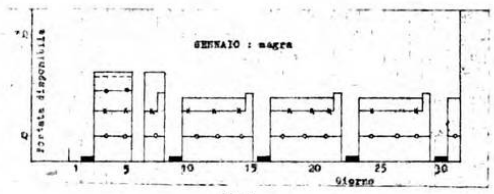


Fig. 1

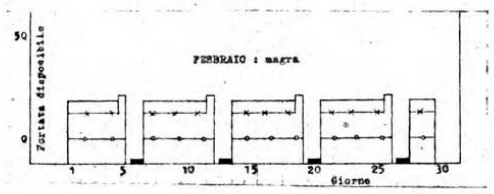


Fig. 2

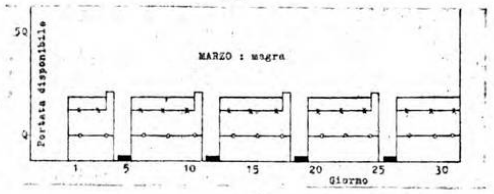


Fig. 3

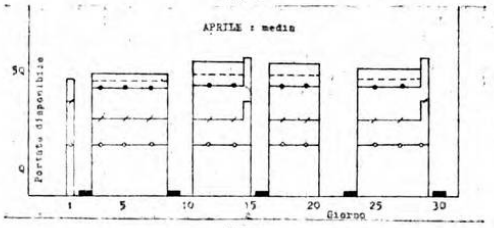


Fig. 4

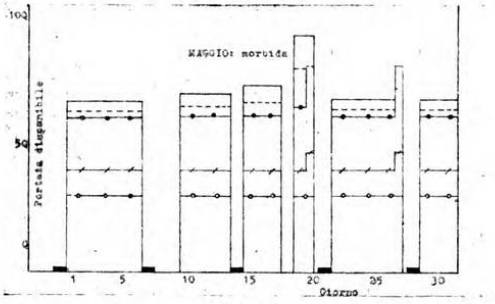


Fig. 5

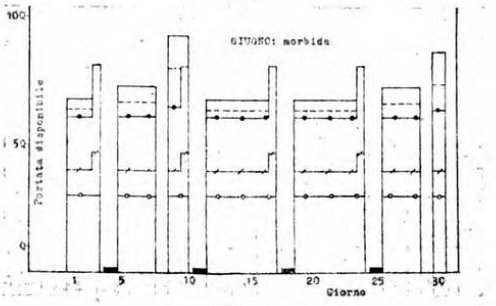


Fig. 6

Figg. 1 a 12. — Portate disponibili mese per mese ed in ciascun mese giorno per giorno nelle ore lavorative a secondo del serbatoio adottato. Leggenda come a fig. 13. - Dove mancano le 5 linee vuol dire che alcune coincidono e restano rappresentate da quelle superiori.

TABELLA VII.

N.	Mese	Settimana del 1944 Lunedì Sabato	Portata	Erogazione settimanale ore	Fermata che precede ore	Fermata intermedia ore	Giorno lavorativo	PORTATA DISPONIBILE NELLE ORE DI EROGAZIONE (Lavoro) Serbatoio capace della portata di: magra per ore 84 / media » » 42 / morbida » » 28	Serbatoio capace della portata di: magra per ore 60 / media » » 30 / morbida » » 20	Serbatoio capace della portata di: magra per ore 41 / media » » 20,5 / morbida » » 13,7	Serbatoio capace della portata di: magra per ore 12 / media » » 6 / morbida » » 4	Senza serbatoio
1	Gen.	3-8	magra (Q)	55	6 med. 54 magr.	36	L. Me V. S.	$Q\frac{126}{36}=3{,}50\,Q$ $Q\frac{67}{19}=3{,}53\,Q$	$Q\frac{120}{36}=3{,}33\,Q$ $Q\frac{67}{19}=3{,}53\,Q$	$Q\frac{101}{36}=2{,}80\,Q$ $Q\frac{67}{19}=3{,}53\,Q$	L. Me $Q\frac{72}{36}=2\,00\,Q$ V. $Q\frac{24}{12}=2{,}00\,Q$ S. $Q\frac{19}{7}=2{,}71\,Q$	Q
2	Aprile	10-15	media ($2\,Q$)	55	60	—	M. V. S.	$2\,Q\frac{126}{48}=5{,}25\,Q$ $2\,Q\frac{19}{7}=5{,}43\,Q$	$2\,Q\frac{114}{48}=4{,}75\,Q$ $2\,Q\frac{19}{7}=5{,}43\,Q$	$2\,Q\frac{104{,}5}{48}=4{,}35\,Q$ $2\,Q\frac{19}{7}=5{,}43\,Q$	$2\,Q\frac{72}{48}=3{,}00\,Q$ $2\,Q\frac{13}{7}=3{,}71\,Q$	$2\,Q$
3 4	Aprile Dic.	17-22 4-9	media	48	41	—	L. G.	$2\,Q\frac{125}{48}=5{,}20\,Q$	$2\,Q\frac{114}{48}=4{,}75\,Q$	$2\,Q\frac{104{,}5}{48}=4{,}35\,Q$	$2\,Q\frac{72}{48}=3{,}00\,Q$	$2\,Q$
5	Maggio	8-13	morbida ($3\,Q$)	48	84	—	Me S.	$3\,Q\frac{112}{48}=7{,}00\,Q$	$3\,Q\frac{104}{48}=6{,}50\,Q$	$3\,Q\frac{98}{48}=6{,}12\,Q$	$3\,Q\frac{64}{48}=4{,}00\,Q$	$3\,Q$
6	Maggio	15-20	morbida	55	36	36	L. Me	$3\,Q\frac{88}{36}=7{,}33\,Q$	$3\,Q\frac{80}{36}=6{,}67\,Q$	$3\,Q\frac{74}{36}=6{,}16\,Q$	$3\,Q\frac{48}{36}=4{,}00\,Q$	
7	Giugno	5-10	morbida				V. S.	$3\,Q\frac{59}{19}=9{,}32\,Q$	$3\,Q\frac{32}{12}=8{,}00\,Q$ $3\,Q\frac{19}{7}=8{,}13\,Q$	$3\,Q\frac{26}{12}=6{,}50\,Q$ $3\,Q\frac{19}{7}=8{,}13\,Q$	$3\,Q\frac{16}{12}=4{,}00\,Q$ $3\,Q\frac{11}{7}=4{,}71\,Q$	$3\,Q$
8	Giugno Luglio	26-6 1-7	morbida media	55	41	36	L. Me V. S.	$3\,Q\frac{88}{36}=7{,}33\,Q$ $Q\frac{164}{19}=8{,}64\,Q$	$3\,Q\frac{80}{36}=6{,}67\,Q$ $Q\frac{140}{19}=7{,}37\,Q$	$3\,Q\frac{74}{36}=6{,}16\,Q$ $2\,Q\frac{60{,}5}{19}=6{,}37\,Q$	L. Me $3\,Q\frac{48}{36}=4{,}00\,Q$ V. $3\,Q\frac{16}{12}=4{,}00\,Q$ S. $2\,Q\frac{13}{7}=3{,}71\,Q$	$3\,Q$ $3\,Q$ $2\,Q$
9	Agosto	14-19	magra	48	84	—	Me S.	$Q\frac{168}{48}=3{,}50\,Q$	$Q\frac{144}{48}=3{,}00\,Q$	$Q\frac{125}{48}=2{,}60\,Q$	$Q\frac{96}{48}=2{,}00\,Q$	Q
10	Ott.	23-28	morbida	60	41	—	L. V.	$3\,Q\frac{136}{60}=6{,}80\,Q$	$3\,Q\frac{128}{60}=6{,}40\,Q$	$3\,Q\frac{122}{60}=6{,}10\,Q$	$3\,Q\frac{80}{60}=4{,}00\,Q$	$3\,Q$
11	Ott. Nov.	30-10 4-11	morbida media	48	60	36	L. M G. V.	$3\,Q\frac{64}{24}=8{,}00\,Q$ $2\,Q\frac{75}{24}=6{,}25\,Q$	$3\,Q\frac{56}{24}=7{,}00\,Q$ $2\,Q\frac{66}{24}=5{,}50\,Q$	$3\,Q\frac{50}{24}=6{,}25\,Q$ $2\,Q\frac{56{,}5}{24}=4{,}70\,Q$	$3\,Q\frac{32}{24}=4{,}00\,Q$ $2\,Q\frac{36}{24}=3{,}00\,Q$	$3\,Q$ $2\,Q$

12	Dicem.	25-30	media	48	84	—	Me S.	$2\,Q\,\frac{126}{48} = 5{,}25\,Q$	$2\,Q\,\frac{114}{48} = 4{,}75\,Q$	$2\,Q\,\frac{104{,}5}{48} = 4{,}35\,Q$	$2\,Q\,\frac{72}{48} = 3{,}00\,Q$	$2\,Q$
13	Marzo	27-3	magra	67	41	—	L. V.	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}48\,Q$	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}47\,Q$	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}47\,Q$	$Q\,\frac{120}{60} = 2{,}00\,Q$	Q
	Aprile	1-4	media				S.	$Q\,\frac{32}{7} = 4{,}57\,Q$	$Q\,\frac{32}{7} = 4{,}57\,Q$	$Q\,\frac{32}{7} = 4{,}57\,Q$	$Q\,\frac{26}{7} = 3{,}71\,Q$	$2\,Q$
14	Luglio	31-7	media	67	41	—	L. S.	$Q\,\frac{227}{67} = 3{,}39\,Q$	$Q\,\frac{199}{67} = 2{,}97\,Q$	$Q\,\frac{176}{67} = 2{,}63\,Q$	L. $2\,Q\,\frac{18}{12} = 3{,}00\,Q$	$2\,Q$
	Agosto	5-8	magra								*M. V.* $Q\,\frac{96}{48} = 2{,}00\,Q$	Q
											S. $Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	
15	Agosto	21-26	magra	67	36	—	L. V.	$Q\,\frac{144}{60} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{144}{60} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{144}{60} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{120}{60} = 2{,}00\,Q$	Q
							S.	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	Q
16	Agosto	28-8	magra	67	41	—	L. G.	$Q\,\frac{125}{48} = 2{,}60\,Q$	$Q\,\frac{125}{48} = 2{,}60\,Q$	$Q\,\frac{125}{48} = 2{,}60\,Q$	$Q\,\frac{96}{48} = 2{,}00\,Q$	Q
	Sett.	2-9	media				V.	$Q\,\frac{42}{12} = 3{,}50\,Q$	$Q\,\frac{42}{12} = 3{,}50\,Q$	$Q\,\frac{42}{12} = 3{,}50\,Q$	$Q\,\frac{36}{12} = 3{,}00\,Q$	$2\,Q$
							S.	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}43\,Q$	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}48\,Q$	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}43\,Q$	$2\,Q\,\frac{13}{7} = 3{,}71\,Q$	
17	Aprile	3-8	media	72	41	—	L. S.	$2\,Q\,\frac{173}{72} = 4{,}80\,Q$	$2\,Q\,\frac{162}{72} = 4{,}50\,Q$	$2\,Q\,\frac{152{,}5}{72} = 4{,}23\,Q$	$2\,Q\,\frac{108}{72} = 3{,}00\,Q$	$2\,Q$
18	Dicem.	18-23										
19	Maggio	1-6	morbida	72	35 media 6 morb.	—	L. S.	$3\,Q\,\frac{160}{72} = 6{,}67\,Q$	$3\,Q\,\frac{152}{72} = 6{,}33\,Q$	$3\,Q\,\frac{145{,}7}{72} = 6{,}06\,Q$	$3\,Q\,\frac{96}{72} = 4{,}00\,Q$	$3\,Q$
20	Agosto	7-12	magra	72	41	—	L. S.	$Q\,\frac{173}{72} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{173}{72} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{173}{72} = 2{,}40\,Q$	$Q\,\frac{144}{72} = 2{,}00\,Q$	Q
21	Gennaio Febbraio Marzo Agosto		magra	67	41	—	L. V.	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}48\,Q$	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}48\,Q$	$Q\,\frac{149}{60} = 2{,}48\,Q$	$Q\,\frac{120}{60} = 2{,}00\,Q$	Q
							S.	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	$Q\,\frac{19}{7} = 2{,}71\,Q$	
22	Aprile Luglio Settembre Novembre Dicembre		media	67	41	—	L. V.	$2\,Q\,\frac{149}{60} = 4{,}97\,Q$	$2\,Q\,\frac{138}{60} = 4{,}60\,Q$	$2\,Q\,\frac{128{,}5}{60} = 4{,}28\,Q$	$2\,Q\,\frac{90}{60} = 3{,}00\,Q$	$2\,Q$
							S.	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}43\,Q$	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}43\,Q$	$2\,Q\,\frac{19}{7} = 5{,}43\,Q$	$2\,Q\,\frac{13}{7} = 3{,}71\,Q$	
23	Maggio Giugno Ottobre		morbida	67	41	—	L. V.	$3\,Q\,\frac{136}{60} = 6{,}80\,Q$	$3\,Q\,\frac{128}{60} = 6{,}40\,Q$	$3\,Q\,\frac{122}{60} = 6{,}10\,Q$	$3\,Q\,\frac{80}{60} = 4{,}00\,Q$	$3\,Q$
							S.	$3\,Q\,\frac{19}{7} = 8{,}13\,Q$	$3\,Q\,\frac{19}{7} = 8{,}13\,Q$	$3\,Q\,\frac{19}{7} = 8{,}13\,Q$	$3\,Q\,\frac{11}{7} = 4{,}71$	

Biblioteca nazionale centrale di Roma

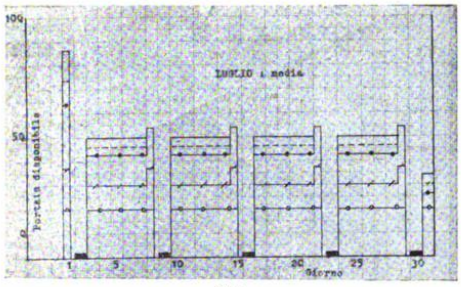


Fig. 7

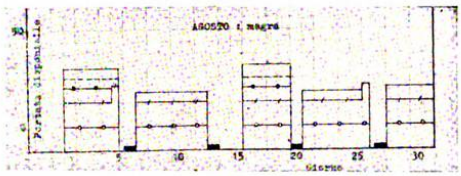


Fig. 8

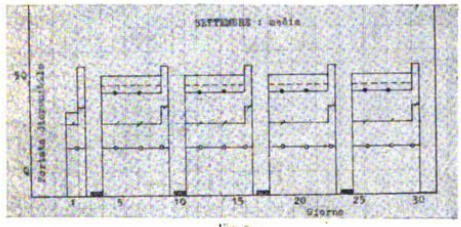


Fig. 9

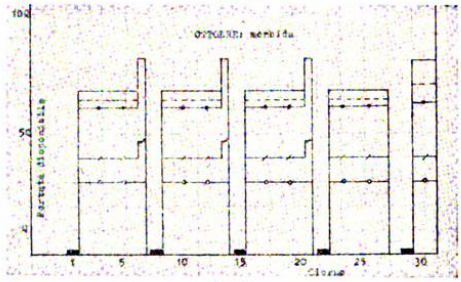


Fig. 10

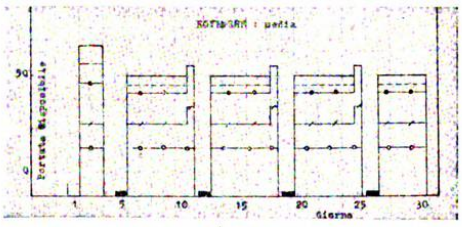


Fig. 11

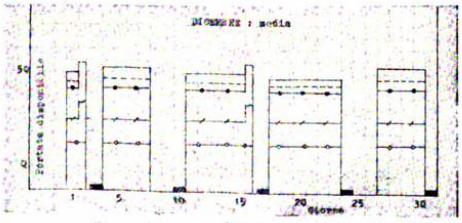


Fig. 12

tata media 2 Q, secondo le notazioni già adottate. Per il tipo d'industria presa a modello con 12 ore di lavoro e 12 di fermata e soprattutto trattandosi d'installare turbine Pelton questa potenza è adeguata e sufficiente.

La fermata notturna ed il tipo di macchina garantiscono infatti un servizio appropriato e sicuro. In morbida (3 Q) i due gruppi saranno a carico medio 3/4, quindi in ottime condizioni di funzionamento; con la portata media 2 Q funzioneranno due gruppi a 1/2 carico, quindi ancora bene dato il tipo di turbina, in magra funzionerà analogamente un solo gruppo.

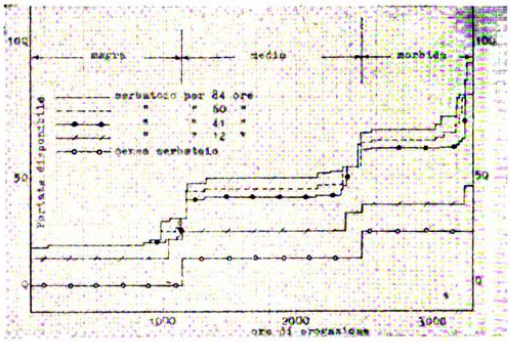


Fig. 13

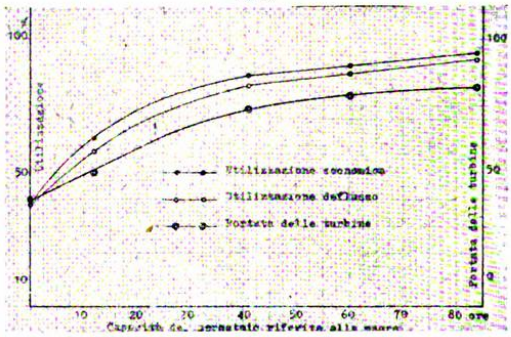


Fig. 14

Fig. 13. — Riassunto delle portate disponibili per tutte le ore lavorative dell'anno a secondo del serbatoio adottato.

Fig. 14. — Utilizzazione economica dell'energia, utilizzazione del deflusso del corso d'acqua e portata delle turbine da installare a secondo del serbatoio adottato.

Il macchinario installato sarà dunque capace di smaltire in ogni epoca la portata disponibile con buon rendimento e con un margine del 33 %, superiore al 20 % che è stato supposto come sufficiente.

b) *Con serbatoio per 12 ore di fermata.*

Le portate che ricorrono più a lungo sono 2 Q, 3 Q, 4 Q, con un massimo di 4,71 Q per sole 63 ore, corrispondenti all'1,9 % delle ore di lavoro complessive. Risultato intuitivo rispetto al caso precedente, in cui l'acqua viene lasciata defluire liberamente per 12 su 24 ore, mentre qui viene accumulata quasi totalmente ed utilizzata nelle stesse 12 ore.

Installeremo due gruppi da 2,5 Q l'uno, in totale 5 Q di portata, con un margine del 25 %, tanto più utile in quanto la presenza del serbatoio consente qui facil-

Fig. 1 a 12 (per le relative diciture vedasi a pag. 259).

Biblioteca nazionale centrale di Roma

TABELLA VIII.

Serbatoio capace di accumulare la portata Q di magra per ore:	Portate disponibili nelle ore di lavoro nei periodi di: magra	media	morbida	Portata delle turbine da installare
0	Q per 1142 ore	2,00 Q per 1350 ore	3,00 Q per 831 ore	$2 \times 2\,Q = 4\,Q$
12	2,00 Q per 1044 ore 2,71 Q » 98 » 1142 »	3,00 Q per 1224 ore 3,71 Q » 126 » 1350 »	4,00 Q per 768 ore 4,71 Q » 63 » 831 »	$2 \times 2{,}5\,Q = 5{,}0\,Q$
41	2,40 Q per 132 ore 2,48 Q » 720 » 2,60 Q » 96 » 2,63 Q » 55 » 2,71 Q » 84 » 2,80 Q » 36 » 3,53 Q » 19 » 1142 »	2,63 Q per 12 ore 3,50 Q » 12 » 4,23 Q » 144 » 4,28 Q » 840 » 4,35 Q » 192 » 4,57 Q » 7 » 4,70 Q » 24 » 5,43 Q » 112 » 6,37 Q » 7 » 1350 »	6,06 Q per 72 ore 6,10 Q » 480 » 6,12 Q » 48 » 6,16 Q » 108 » 6,25 Q » 24 » 6,37 Q » 12 » 6,50 Q » 24 » 8,13 Q » 63 » 831 »	$2 \times 3{,}7\,Q = 7{,}4\,Q$
60	2,40 Q per 132 ore 2,48 Q » 720 » 2,60 Q » 48 » 2,71 Q » 84 » 3,00 Q » 91 » 3,33 Q » 36 » 3,50 Q » 12 » 3,53 Q » 19 » 1142 »	3,00 Q per 12 ore 3,50 Q » 12 » 4,50 Q » 144 » 4,57 Q » 7 » 4,60 Q » 840 » 4,75 Q » 192 » 5,43 Q » 112 » 5,50 Q » 24 » 7,37 Q » 7 » 1350 »	6,33 Q per 72 ore 6,40 Q » 480 » 6,50 Q » 48 » 6,67 Q » 108 » 7,00 Q » 24 » 7,37 Q » 12 » 8,00 Q » 24 » 8,13 Q » 63 » 831 »	$2 \times 3{,}9\,Q = 7{,}8\,Q$
84	2,40 Q per 132 ore 2,48 Q » 720 » 2,60 Q » 48 » 2,71 Q » 84 » 3,39 Q » 55 » 3,50 Q » 84 » 3,53 Q » 19 » 1142 »	3,39 Q per 12 ore 3,50 Q » 12 » 4,57 Q » 7 » 4,80 Q » 144 » 4,97 Q » 840 » 5,20 Q » 96 » 5,25 Q » 96 » 5,43 Q » 112 » 6,25 Q » 24 » 8,64 Q » 7 » 1350 »	6,67 Q per 72 ore 6,80 Q » 480 » 7,00 Q » 48 » 7,33 Q » 108 » 8,00 Q » 24 » 8,13 Q » 49 » 8,64 Q » 12 » 9,32 Q » 38 » 831 »	$2 \times 4{,}1\,Q = 8{,}2\,Q$

mente le variazioni del carico di cui abbiamo prima parlato. Solo per le predette 63 ore il margine di potenza sarà ridotto al 6 % e si butterà dell'acqua.

Come nel caso precedente il fatto che per un'intera stagione si potrà marciare con un solo gruppo e che per tutto l'anno la centrale sarà ferma 12 ore nei giorni di lavoro e totalmente durante le feste, dà affidamento di un esercizio sicuro se anche per due stagioni il macchinario è completamente impegnato.

Ottimi in tutti i casi i rendimenti ottenuti lavorando in magra con un solo gruppo a carico medio 80 %, in morbida analogamente con due gruppi e per il resto pure con due gruppi a carico medio del 60 %.

c) *Serbatoio per 41 ore di fermata.*

Ricorrono più a lungo le portate (in cifre tonde): 2,5 Q; 4,3 Q; 6,1 Q con brevi punte fino a 6,5 Q ed un massimo di 8,13 Q per le solite 63 ore, del quale pertanto prescindiamo.

Installeremo due gruppi da 3,7 Q; totale 7,4 Q con un margine del 21 % rispetto a 6,1 Q e del 14 % (ancora sufficiente) rispetto a 6,5 Q.

Circa la sufficienza del macchinario, la conseguente sicurezza d'esercizio ed i rendimenti valgono le considerazioni del caso precedente, con vantaggio nel periodo di magra in cui si avrà un margine di potenza del 48 % (anzichè del 25 %).

Questo è il caso per il quale abbiamo già manifestato la nostra preferenza.

d) *Serbatoio per 60 ore di fermata.*

Ricorrono più a lungo le portate 2,5 Q; 4,6 Q; 6,4 Q e portate superiori per brevi periodi.

Installeremo due gruppi da 3,9 Q, totale 7,8 Q con un margine del 22 % rispetto a 6,4 Q ed un margine inferiore ma tuttavia sufficiente per le portate maggiori ad eccezione delle estreme di 8 Q che si verifica per sole 24 ore e di 8,13 Q per 63 ore.

Per il resto valgono le considerazioni dei casi precedenti.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

c) *Serbatoio per 84 ore di fermata.*

Ricorrono soprattutto le portate 2,5 Q, 5 Q, 6,8 Q. Installeremo 2 gruppi da 4,1 Q, con un margine del 20 % per 6,8 Q ed inferiore ma ancora sufficiente fino a 7,33 Q e senza margine od insufficiente solo per i brevi periodi in cui si verificano portate superiori dalle quali naturalmente è il caso di prescindere.

Per il resto come nei due casi precedenti.

*

I risultati cui siamo pervenuti in questo paragrafo 5° sono raccolti nella colonna di destra della tabella VIII e nella fig. 14.

6. - VERIFICA DELLE UTILIZZAZIONI RAGGIUNTE, TENUTO CONTO DEL MACCHINARIO INSTALLATO.

Dalla tabella VIII che contiene per i vari tipi di serbatoio le portate Q e le ore h nelle quali esse si verificano si ricavano delle somme di prodotti $Q \cdot h$ proporzionali all'energia ritraibile dall'impianto caso per caso, che divise per i corrispondenti prodotti dell'energia disponibile nel corso d'acqua negli stessi periodi (2928 Q in magra, 3648 × 2 Q con portata media, 2208 × 3 Q in morbida, come già visto), danno i gradi di utilizzazione raggiunti.

Per tenere conto delle perdite di acqua dovute ad insufficienza del macchinario installato nel fare le somme dei prodotti $Q \cdot h$ abbiamo supposto $Q <$ della portata delle turbine installate ridotta del 10 %. Così per es. nel caso di serbatoio per la portata di magra di 41 ore, ove la potenza installata è capace di 7,4 Q, che ridotta del 10% diventa 6,66 Q, è stata considerata perduta la portata (8,13-6,66 Q) per 63 ore (confr. tabella VIII). Questo non è in contrasto con il criterio espresso di installare macchine di portata superiore del 20 % alla *media* delle portate di morbida, ma ne è anzi in certo qual modo un completamento: per fare un conto approssimato abbiamo cioè supposto che fin quando la portata delle turbine supera del 20 % le portate in gioco non si verifichino perdite, là dove invece quel margine scende al 10% *tutta* la portata superiore venga perduta. In pratica tra queste due ipotesi estreme (perdite nulle con margine del 20 % e perdite totali con il margine del 10 %) si potrà verificare un caso intermedio ed anche esterno ma in via approssimata il nostro assunto è accettabile tanto più in quanto viene applicato ad una esigua frazione delle quantità in gioco: nel caso precitato di serbatoio per 41 ore lo scarto tra le due predette ipotesi e quindi l'errore massimo cui esse potrebbero portare è del 2,6 % riferito al periodo di morbida, dell'1 % riferito a tutto l'anno.

Adottando questo criterio siamo pervenuti ai risultati raccolti nella tabella IX e nella fig. 14. Questi risultati sono naturalmente molto vicini a quelli della tabella V. Le piccole differenze che si verificano sono positive per il periodo di magra, perchè dovute a spostamenti d'acqua dal periodo di portata media (da dicembre alla prima settimana di gennaio, da luglio alla prima settimana di agosto) ciò che spiega l'assurdo apparente di utilizzazioni superiori al 100 %: perchè con serbatoio per 60 ed 84 ore in quel periodo non solo non si hanno perdite ma si utilizza acqua proveniente dal periodo precedente. Le stesse differenze sono nulle o negative negli altri due periodi per le perdite dovute ad insufficienza del macchinario, tanto più sentite quanto maggiore è il serbatoio.

Risultano naturalmente inferiori le utilizzazioni riferite a tutto l'anno, ma non di molto perchè il macchinario scelto è insufficiente solo per brevi periodi e per frazioni modeste della portata.

*

I valori percentuali della tabella IX escludono ben inteso i rendimenti della condotta e del macchinario, ossia si riferiscono alla « utilizzazione dei *deflussi* » se pure sia stata adoperata l'espressione « utilizzazione dell'energia », meno propria ma più espressiva. Questo va inteso per tutto il lavoro.

TABELLA IX.

Serbatoio capace di accumulare la portata Q di magra per ore:	Portata delle turbine da installare	Utilizzazione dell'energia in periodo di: magra %	media %	morbida %	Utilizzazione annua della energia %	Utilizzazione annua economica %
0	4 Q	$\frac{1142\,Q}{2928\,Q} 100 = 39{,}0$	$\frac{2700\,Q}{3648 \times 2\,Q} 100 = 37{,}0$	$\frac{2493\,Q}{2208 \times 3\,Q} 100 = 37{,}5$	37,5	37,8
12	5 Q	$\frac{2353{,}6\,Q}{2928\,Q} 100 = 80{,}4$	$\frac{4139{,}5\,Q}{3648 \times 2\,Q} 100 = 56{,}7$	$\frac{3355{,}5\,Q}{2208 \times 3\,Q} 100 = 50{,}3$	58,3	63,0
41	7,4 Q	$\frac{2892\,Q}{2928\,Q} 100 = 98{,}8$	$\frac{5911\,Q}{3648 \times 2\,Q} 100 = 80{,}9$	$\frac{5125\,Q}{2208 \times 3\,Q} 100 = 77{,}4$	82,6	86,0
60	7,8 Q	$\frac{2957\,Q}{2928\,Q} 100 = 101{,}0$	$\frac{6323\,Q}{3648 \times 2\,Q} 100 = 86{,}7$	$\frac{5421\,Q}{2208 \times 3\,Q} 100 = 81{,}8$	87,2	90,2
84	8,2 Q	$\frac{3002\,Q}{2928\,Q} 100 = 102{,}5$	$\frac{6794\,Q}{3648 \times 2\,Q} 100 = 93{,}1$	$\frac{5780\,Q}{2208 \times 3\,Q} 100 = 87{,}3$	92,5	94,8

Biblioteca nazionale centrale di Roma

7. - VARI TIPI D'INDUSTRIE: ADEGUAMENTO DEL CARICO ALLA PORTATA DISPONIBILE.

a) La trattazione che precede ha fatto riferimento ad un tipo di industria abbastanza diffuso, nè troppo favorevole nè troppo sfavorevole all'utilizzazione di un torrente alpino. Naturalmente non era possibile una trattazione che contemplasse tutti i casi: però l'ordine di considerazioni da noi svolto, ripetuto di volta in volta con le dovute varianti dovrebbe consentire sempre la scelta opportuna del serbatoio e delle macchine da installare.

Così pure abbiamo fatto delle ipotesi semplificative, come il rapporto 1 : 2 : 3 tra le portate di magra, media e morbida, ed il rapporto inverso per i valori dell'energia, che naturalmente potranno essere caso per caso opportunamente variate, variando di conseguenza i risultati numerici ma non il modo di ragionare. Queste ipotesi sono state per altro fatte con aderenza alla realtà e c'è da ritenere che le possibili varianti modifichino di poco e piuttosto in meglio i risultati esposti.

mile diremo che per la frazione di carico continuo non occorre regolazione e ripeteremo i ragionamenti svolti per la parte restante, col vantaggio di pervenire ad un serbatoio più piccolo e ad una maggiore utilizzazione.

Lo stesso vantaggio si estenderà alla potenza da installare *nel suo complesso*. Se però la frazione di carico continuo è piccola può creare la necessità e l'onere di un *terzo gruppo di piccola potenza*.

Per altro verso la variante che viene più spontanea alle considerazioni fatte è quella dell'orario di lavoro giornaliero, riducendolo per es. ad 8-10 ore (riduzione di 4-2 ore). Ciò ha influenza minima sulla capacità del serbatoio, basata sulle più lunghe fermate settimanali (41-60-84 ore), che aumenteranno soltanto di quelle 2-4 ore. L'orario di lavoro giornaliero inciderà invece sulle macchine e sulla condotta forzata da installare, la cui portata dovrà essere aumentata presso che linearmente con il diminuire di tale orario.

La diminuzione (od aumento) dell'orario di lavoro una volta adeguate le macchine influirà apparentemente poco

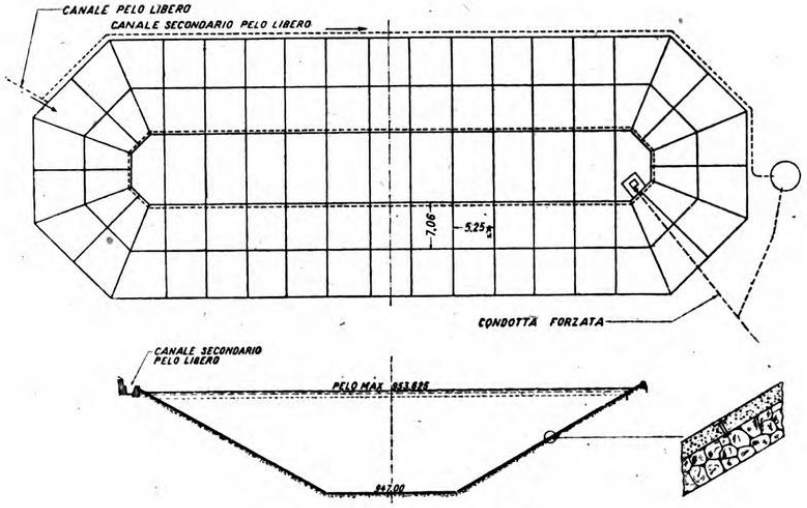


Fig. 15. — Disegno schematico di un serbatoio da 10 000 m³ completamente scavato e rivestito.

b) Base della progettazione dev'essere la conoscenza per quanto possibile esatta dell'andamento nel tempo delle portate del corso d'acqua e del carico richiesto dallo stabilimento. E per questo bisogna ancora tener presenti i possibili adattamenti del suo esercizio rispetto alle disponibilità dell'energia. Queste possibilità agevolano particolarmente la progettazione e facilitano la buona riuscita dell'impianto.

Non meno noto e quindi attentamente studiato dev'essere il terreno entro ed intorno al bacino imbrifero del torrente per la ricerca del sito più adatto alla costruzione del serbatoio. È questa una esigenza fondamentale, perno della progettazione, alla quale se occorre va sacrificato parte del salto o della portata disponibile, spostando in basso od in alto la presa. È toccato a noi il caso di dover spostare una presa in alto di circa 100 m (su un salto di 750) per portarci a quota dell'unico piano disponibile per fare un serbatoio e di supplire pompando le acque di sorgenti che così facendo si erano venute a trovare sotto la presa.

c) Caso abbastanza frequente è un'industria come da noi presa a modello ma con l'aggiunta di una utilizzazione continua, anche di notte e durante le feste, per illuminazione, trattamenti termici, ecc. In un caso sisull'utilizzazione complessiva dell'impianto, se munito di serbatoio. In effetto un'influenza ci sarà, dovuta alla maggiore o minore difficoltà di adeguare i carichi alla portata disponibile, difficoltà che evidentemente cresce con la potenza installata.

d) Dopo avere scelto serbatoio e macchine adeguate resta tuttavia un problema assai arduo da risolvere ed è quello di disporre carichi atti ad assorbire la potenza che si rende mano mano disponibile. Dopo che l'impianto è stato adattato all'orario di lavoro dello stabilimento tocca ora allo stabilimento di adeguare i carichi alle disponibilità idriche dell'impianto. La cosa è ben inteso tutt'altro che facile, nè si potrà sperare di risolverla completamente ed in definitiva si avranno delle perdite d'acqua e quindi delle utilizzazioni inferiori a quelle segnate nelle tabelle. Ma, volendo, si potrà prevedere e provvedere adeguatamente.

I mezzi atti a tale scopo variano ancora col tipo d'industria e con le circostanze e non è quindi possibile farne un elenco che serva in tutti i casi. Sono utili allo scopo i forni per trattamenti termici, i forni fusori, le caldaie elettriche, gl'impianti per galvanoplastica, le stazioni di carica di accumulatori, le cucine elettriche (ad accumulazione) ed in genere tutti gli apparecchi destinati a ser-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

vizi che non abbiano esigenze d'orario, possano essere intensificati o ridotti a piacere o effettuati all'occorrenza con energia termica.

Però nessun mezzo e nessuna attenzione potranno adeguarsi completamente alle disponibilità dell'impianto, anche perchè l'andamento idrico non sarà così regolare e prevedibile come da noi supposto per facilità di ragionamento. Le piene improvvise andranno in gran parte perdute (è stato già detto), l'adeguamento dei carichi seguirà con ritardo... Ma, insomma, bisognerà pur confidare che un'industria che ha speso per farsi un impianto idroelettrico s'adoperi per utilizzare anzichè lasciar disperdere l'energia.

Fig. 16. — Fotografia del serbatoio precedente in fase di ultimazione.

e) Il lavoro parla, con locuzione abbreviata, di « torrente alpino » intendendo con questa espressione di riferirsi ad impianti il cui salto rende economicamente conveniente la costruzione di un serbatoio anche se scavato e rivestito artificialmente. Da questo lato va notato che un'industria può trovare il tornaconto a produrre l'energia per i propri bisogni anche se il costo del chilowattore risulti superiore (forse fino al doppio) del costo di produzione che sarebbe conveniente per un ente produttore e distributore.

È evidente che le considerazioni da noi svolte non si adattino invece ad impianti a bassa caduta e per contro è chiaro che questi impianti non potendo essere muniti di serbatoio (tolte rare eccezioni) non si adattino ad alimentare industrie private se non quando queste funzionano con continuità e con carico poco variabile come cartiere, stabilimenti tessili, ecc. Anche così limitati questi impianti c'è da ritenere che conseguano delle utilizzazioni assai basse dei rispettivi corsi d'acqua.

I concetti da noi esposti per contro si potrebbero estendere con le varianti del caso alla progettazione d'impianti anche di grande potenza destinati ad industrie private ma solo nel caso fortunato e certamente raro che il terreno presenti la possibilità per un serbatoio settimanale, non essendo pensabile che un simile serbatoio oltre un certo limite possa essere ricavato anche a costo di ricorrere al « tipo piscina » da noi indicato.

Se invece il corso d'acqua, piccolo o grande che sia, presenta le condizioni naturali per un serbatoio stagionale, la progettazione dell'impianto esula dai ragionamenti da noi fatti e rientra nei canoni comunemente applicati.

f) Le figg. 15 e 16 mostrano schematicamente la struttura di un serbatoio da 10 000 m³, 7 m di profondità completamente scavato e rivestito, appartenente all'impianto di cui si è fatto cenno nella premessa. Sarebbe assai interessante parlare dei lastroni di rivestimento in cemento armato (20 cm di spessore), della formazione del sottofondo in massicciata (40 cm di spessore) truccata e spianata superficialmente con malta cementizia e cartone catramato per lasciar libera la dilatazione dei lastroni, del sistema di drenaggio sotto la massicciata e di altri particolari. Soprattutto sarebbe interessante parlare della formazione dei giunti di dilatazione fra i lastroni, vero punto cruciale del sistema.

Ma omettiamo tale descrizione perchè non rientra nello scopo del presente lavoro.

La fig. 17 mostra invece la pianta e due sezioni di un serbatoio (in costruzione) per circa 30 000 m³ ritenuta 10 m, ricavato in una ondulazione del terreno che viene chiusa su due lati con due dighe. Questo serbatoio è previsto a fondo naturale roccioso, dopo aver asportato lo strato superficiale di terreno prativo. Il disegno mostra (a sinistra) anche parte di un bacino di decantazione che precede quello di raccolta ed una disposizione del canale di carico e della condotta forzata (della quale è segnato l'asse punteggiato) per cui in caso di necessità per riparazioni è possibile funzionare provvisoriamente senza serbatoio, oppure senza bacino di decantazione, oppure senza entrambi.

Queste possibilità esistono anche per il serbatoio illustrato dalle figg. 15 e 16 e devono essere sempre previste.

8. - Commento e conclusione.

La tabella IX e la figura 14 riassumono i risultati delle considerazioni esposte. Esse mostrano come l'adozione di un serbatoio anche modesto (12 ore) faccia aumentare rapidamente l'utilizzazione, da 1 ad 1,7 volte, e richieda d'installare potenza di poco superiore (25 %). Aumentando la capacità del serbatoio a 41 ore, aumenta a circa 2,3 volte l'utilizzazione ed occorre aumentare dell'85 % la potenza da installare. Passando a serbatoi per 60 ed 84 ore, utilizzazione e potenza da installare crescono lentamente e la ragione è nota: perchè oltre le 41 ore il serbatoio interviene solo nel caso di feste doppie.

Quindi è manifesta l'utilità e convenienza di adottare un serbatoio capace della portata di magra per almeno 12 ore e potendo per 41 ore. Per capacità superiori (60 ed 84 ore) è soprattutto sul costo del serbatoio in confronto alla maggiore utilizzazione che se ne ricava che ci si deve basare dato che la potenza da installare varia di poco: due gruppi da 4,1 Q costano poco più di due gruppi da 3,7 Q.

La soluzione minima alla quale, secondo noi, si deve tendere è quella con serbatoio da 41 ore, la prima che consente una buona utilizzazione.

La potenza dei gruppi è invece sopratutto legata all'orario di lavoro giornaliero. Da ciò la necessità di estendere tale orario e siccome quest'esigenza trova un limite nella natura dell'industria cui l'impianto è destinato bisogna supplire col disporre fonti di utilizzazione che permettano di adattare il carico alle portate che mercè anche il serbatoio si rendono disponibili.

Turbine per la portata di 8,2 Q sono certamente insolite per questo genere d'impianti ma purtroppo sono necessarie (con la condotta forzata e le altre macchine) se non si vuole rendere inutile la presenza del serbatoio.

Gruppi Pelton da 4,1 Q possono essere costruiti in modo da lavorare con rendimento accettabile anche nella eccezionale ipotesi che per guasto temporaneo al serbatoio od altre esigenze di carico debbano smaltire la sola portata Q di magra.

Possiamo così riassumere e concludere il nostro lavoro:

a) Lo sfruttamento di piccoli torrenti alpini al servizio d'industrie private può raggiungere una buona utilizzazione dell'energia purchè la progettazione faccia preciso ed appropriato riferimento all'opificio che si deve alimentare.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

b) Tranne il caso estremamente raro di lavoro continuo o quasi è indispensabile un serbatoio di regolazione settimanale, capace almeno di contenere la portata di

reno non presenti altra possibilità bisogna costruirlo completamente artificiale, scavo e rivestimento, tipo piscina.

d) La portata dei gruppi da installare (e della con-

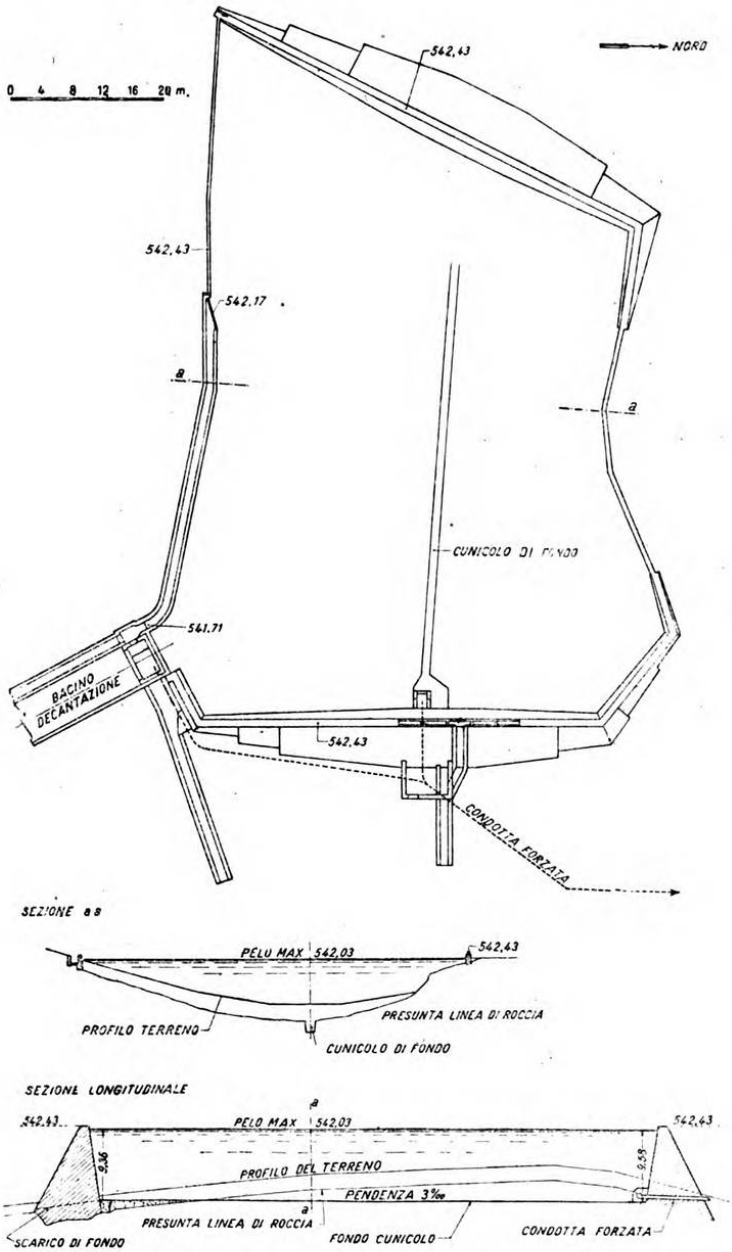


Fig. 17. — Disegno schematico di un serbatoio da 30 000 m³ ricavato in una ondulazione del terreno mediante due sbarramenti laterali. Fondo naturale roccioso previa asportazione della parte terrosa.

magra tra la fermata del sabato e la ripresa del lavoro al lunedì, di circa 41-43 ore. Serbatoio di capacità maggiore può essere utile, fino a circa il doppio del precedente: di più non occorre.

c) Il serbatoio predetto è tanto utile che ove il terdotta forzata) dev'essere tale da smaltire nella frazione delle 168 ore settimanali dedicate al lavoro tutta l'acqua che si rende disponibile nella settimana avuto riguardo alla capacità del serbatoio. Questa esigenza con 67 ore di lavoro settimanale (12 nei giorni feriali, 7 al sabato)

Biblioteca nazionale centrale di Roma

obbliga a macchine da 7,4 Q con serbatoio capace della portata di magra per 41 ore ed a macchine da 8,2 Q con serbatoio capace della stessa portata per 84 ore (Q = portata di magra, supposta un terzo della morbida).

e) Diminuendo l'orario di lavoro il serbatoio resta circa lo stesso, la potenza da installare aumenta all'incirca proporzionalmente.

f) La presenza del serbatoio e l'installazione di macchine di potenza opportuna restano tuttavia previdenze inefficaci se non vengono accompagnate da misure atte ad adeguare il carico di stagione in stagione alle portate disponibili.

Milano, Politecnico, luglio 1945.

ABBAGLIAMENTO ED UNIFORMITÀ DEL CAMPO ABBAGLIANTE

C. M. GARELLI

Viene precisata in questa breve nota l'influenza, nell'abbagliamento da sorgenti estese, di forti disuniformità di brillanza.

E posto in evidenza che l'abbagliamento è funzione di due variabili: l'illuminamento E *della pupilla, la distanza angolare* β *dalla tabella di misura.*

Si è proceduto, mediante un accurato montaggio sperimentale ad una completa serie di misure di abbagliamento da sorgenti estese.

Scopo delle misure era di analizzare in maniera definitiva l'influenza sull'abbagliamento delle disuniformità di brillanza che può presentare la sorgente. Già in altre occasioni, allo scopo di definire le leggi relative all'abbagliamento da proiettori di autoveicoli (1), si ebbe occasione in questo laboratorio di controllare quanto era già stato segnalato da altri autori (2) sull'influenza per l'abbagliamento di areole brillanti comunque distribuite sull'area frontale del proiettore.

Il dispositivo da me usato in queste ricerche è riportato in fig. 1. Un piccolo vetro lattato V era illuminato da una sorgente S_0, e la lente L_0 di diametro circa 10 cm formava l'immagine di V sulla pupilla dell'occhio dell'osservatore O.

Al centro della lente era posto un dischetto di carta bianca opaca di diametro 1,5 cm incorniciato da un bordo di carta nera di circa 3 mm, il tutto costituiva la tabella da percepire in condizioni di abbagliamento. Questa tabella T era illuminata dalla sorgente S_1 attraverso la lente L_1 ed il sistema di nicol $N'N''$. Si poteva così dalla rotazione di uno dei nicol risalire all'illuminamento della tabella T.

Un piccolo specchietto P opportunamente sistemato in prossimità della superficie della lente L_0 poteva per mezzo della sorgente S_2 e della lente L_2 fornire sullo sfondo luminoso abbagliante definito dall'area della lente L_0, una areola brillante. Lo specchietto P poteva agevolmente spostarsi lungo il diametro della lente ed assumere così diverse distanze angolari rispetto alla tabella T.

La brillanza dello sfondo poteva modificarsi a piacere variando la posizione della sorgente S_0 rispetto al vetro lattato V.

Con questo dispositivo le misure di abbagliamento si potevano effettuare agevolmente, e ripetute serie di misure hanno dato risultati riproducibili entro gli errori sperimentali.

In fig. 2 sono riportati in scala logaritmica i risultati sperimentali definitivi.

Sull'asse delle ascisse sono riportati i valori dell'illuminamento E_s sulla pupilla dovuto alla sorgente estesa L_0, sull'asse delle ordinate sono riportati i valori dell'abbagliamento A in unità arbitrarie. La curva I rappresenta la funzione A (E_s) per il caso della sorgente L_0 a brillanza uniforme. Le curve II, III, IV, danno ancora la

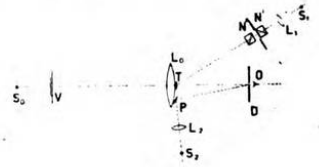


Fig. 1

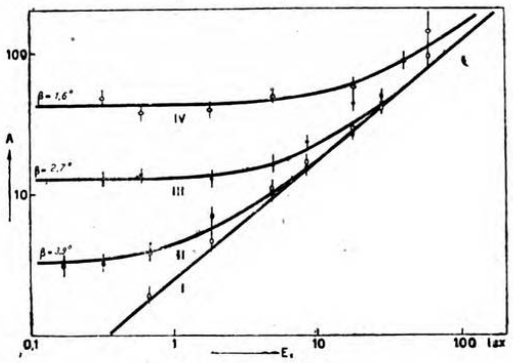


Fig. 2

Fig. 1. — Dispositivo sperimentale per misure di abbagliamento da sorgenti estese.

Fig. 2. — Abbagliamento A, in funzione dell'illuminazione E_s della pupilla dovuto alla sorgente estesa.
Curva I: in assenza di areole brilllanti.
Curve II, III, IV: con areole brillanti a diverse distanze angolari.

stessa funzione A (E_s) per il caso della sorgente L_0 con areola brillante (brillanza dell'areola circa 800 stilb) a diverse distanze angolari β dalla tabella T. E_s è ancora l'illuminamento della pupilla dovuto alla sola sorgente estesa.

L'illuminamento sulla pupilla dovuto alla sola areola brillante è stato mantenuto costante (E_A = 28 lux) in tutte le prove.

Le tre curve hanno, a parte il valore diverso dell'ordinata nel tratto orizzontale, un analogo comportamento.

Effettivamente si deve pensare che per il tratto orizzontale prevale quasi esclusivamente l'abbagliamento dell'areola brillante, tale abbagliamento è funzione della distanza angolare β, ed in fig. 3 ne è riportato il relativo grafico, d'accordo quindi con quanto in questo campo è ben noto (3) (4).

Le tre curve si raccordano colla retta I per valori di illuminamento E_s che dipendono dalla distanza angolare, e per valori di E superiori l'abbagliamento non subisce sensibili variazioni per la presenza o no nel campo abbagliante della areola brillante. Questo risultato completa quanto trovato per i proiettori di automobili (1).

In sostanza vale la legge di additività degli abbagliamenti e questa legge è ben manifesta nel tratto intermedio delle tre curve, mentre naturalmente nel tratto iniziale e finale l'abbagliamento dovuto all'una o all'altra sorgente è talmente superiore, che praticamente si può considerare responsabile dell'abbagliamento solo una delle due sorgenti rispettivamente.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Questa ricerca ci ha fornito un modo elegante per confermare la validità della legge di additività, d'accordo con quanto già segnalato da altri autori (3).

Infatti si può pensare la sorgente estesa divisa mediante un sistema di raggi e di cerchi equidistanti in areole $d\sigma = r\,d\vartheta\,dr$ (fig. 4). Ciascuna areola contribuisce all'abbagliamento con un termine dA funzione dell'illuminamento prodotto sulla pupilla e della distanza angolare β.

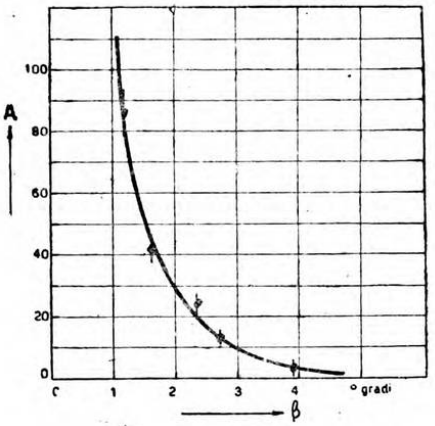


Fig. 3

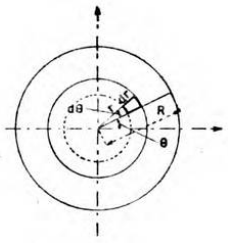


Fig. 4

Fig. 3. — Abbagliamento A di una sorgente puntiforme in funzione della distanza angolare β.

Fig. 4. — Parametri che intervengono nel calcolo dell'abbagliamento di una sorgente estesa.

Precisamente, essendo lineare come mostra la curva I e come è noto dalle ricerche di altri autori, la legge di dipendenza dall'illuminamento si può scrivere:

$$d\,(A\,,\,\beta) = K\,(\beta)\,d\,E$$

dove la funzione $K\,(\beta)$ si può ricavare dalla fig. 3 che dà l'abbagliamento a parità di illuminamento sulla retina, di una sorgente puntiforme a distanza angolare β variabile. Essendo la sorgente di brillanza uniforme, l'illuminamento prodotto sulla pupilla dalle singole areole $d\sigma$ sarà:

$$d\,E = e\,d\,\sigma = e\,r\,d\,\vartheta\,d\,r$$

dove e è l'illuminamento prodotto sulla pupilla dall'unità di superficie, e ogni elemento $d\sigma$ a distanza angolare $\beta = l_r$ (l è la distanza tra la sorgente estesa e la pupilla), contribuisce all'abbagliamento con un termine:

$$d\,A = K\,(\beta)\,e\,r\,d\,\vartheta\,d\,r$$

L'abbagliamento dovuto all'intera sorgente è quindi:

$$A = \int_\sigma d\,A\,(E\,,\,\beta) = \int_0^{2\pi}\int_0^R e\,K\,(\beta)\,r\,d\,\vartheta\,d\,r =$$

$$= 2\,\pi\,e\,\int_0^R K\,(\beta)\,r\,d\,r \qquad (1)$$

dove R è il raggio della lente L.

Se è valida la (1) una sorgente luminosa puntiforme posta nel baricentro:

$$r_c = \frac{\int_0^R r\,d\,A}{\int_0^R d\,A}$$

della distribuzione uniforme di sorgenti elementari che costituisce la sorgente estesa, dovrà produrre, a parità di illuminamento sulla pupilla, lo stesso abbagliamento prodotto dalla sorgente estesa.

Effettivamente si è calcolato il baricentro servendosi dei dati della fig. 3 e si è trovato per l'osservatore P. F. $\beta_c = 1{,}68°$. L'abbagliamento corrispondente ad una stellina posta a questa distanza angolare, la quale produce un illuminamento sulla pupilla di 28 lux è, in unità arbitrarie, $A = 39$. Dalla curva I della fig. 2, relativa allo stesso osservatore, si ricava che l'abbagliamento dovuto alla superficie estesa per illuminamento $E_s = 28$ lux è $A = 40$, in ottimo accordo, dunque, colle previsioni teoriche.

In conclusione, dato un campo abbagliante formato da un numero comunque grande di sorgenti estese o puntiformi, comunque disposte nel campo visivo rispetto alla tabellina di prova, l'abbagliamento risultante si può calcolare mediante la legge additiva:

$$A = \int_\sigma d\,A\,(\beta\,,E) + \Sigma_i\,A_i\,(\beta\,,E) \qquad (2)$$

dove l'integrale è esteso alla superficie complessiva occupata dalle sorgenti estese e la sommatoria va estesa a tutte le sorgenti puntiformi.

La (2) è valida naturalmente per valori dell'illuminamento totale sulla pupilla che cadono nel campo di linearità della legge $A = A(E)$.

Come controllo della legge (2) si è misurato l'abbagliamento prodotto da parecchie sorgenti puntiformi poste a diverse distanze angolari dalla tabellina centrale, e si è trovato che, entro gli errori sperimentali, l'abbagliamento totale dovuto a tutte le sorgenti insieme è funzione additiva dell'abbagliamento dovuto alle singole sorgenti.

In definitiva le esperienze esposte mettono in evidenza che l'abbagliamento è funzione essenzialmente di due variabili: l'illuminamento E sulla pupilla e la distanza angolare β dalla tabellina di prova.

Si può porre, d'accordo anche con altri autori (3) (4) per una sorgente puntiforme a distanza angolare β.

$$A = C\,\frac{E}{\beta^n}$$

dove n è un esponente che è circa uguale a 2, C è una costante di proporzionalità.

Torino, settembre 1945.

Reparto Illuminazione e Fotometria - Istituto Elettrotecnico Nazionale G. Ferraris.

BIBLIOGRAFIA

(1) R. DEAGLIO: « L'Elettrotecnica », 28, p. 605, 1941.
(2) F. BORN e M. WOLFF: « Das Licht », 2, Heft 13, 1932.
(3) L. L. HOLLADAY: « J.O.S.A. », 12, p. 271, 1926; 14, p. 1, 1927.
(4) W. S. STILES: « Pr. R. Soc. », B. 104, p. 322, 1929.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Associazione Elettrotecnica Italiana

Posta sotto l'alto Patronato del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Eretta in Ente Morale il 3 Febbraio 1910

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI GENOVA

Riunione del 27 giugno 1945.

Il Prof. **Augusto Occhialini** dell'Università di Genova, ha tenuto il giorno 27 giugno 1945 la Conferenza inaugurale di una nuova serie di manifestazioni culturali della Sezione di Genova, parlando sul tema: **Il Ferromagnetismo.**

Il Presidente della Sezione ing. Bonaria, in tale occasione ha pronunciato il discorso sottoriportato.

Alla manifestazione assistevano oltre a numerosi Soci, anche un folto pubblico di tecnici e di studiosi; erano rappresentati anche il Prefetto, il Sindaco di Genova e il Rettore dell'Università.

I presenti si rallegrarono vivamente con l'ing. Bonaria per il suo discorso e col prof. Occhialini per la sua interessante comunicazione.

Nel corso di tale riunione è stato approvato il seguente **voto:**

« Il Consiglio e la Sezione di Genova dell'A.E.I. riuniti per ascoltare la conferenza del Prof. Occhialini sul Ferromagnetismo, conferenza inaugurale di un nuovo periodo di vita della nostra Associazione, fa voti perchè, nel rinnovato spirito della nuova Italia, l'A.E.I.:

« assurga alla più alta considerazione che le compete sul piano della collaborazione cogli Enti statali dei suoi organi tecnici;

« riprenda al più presto l'attività del C.E.I.;

« si faccia promotrice dell'esame dei problemi più complessi e più urgenti che interessano il campo dell'elettrotecnica, quali specialmente le unificazioni delle tensioni, delle frequenze e dei materiali, affinchè venga considerato l'attuale, il momento più opportuno per inserire nel quadro della ricostruzione industriale e civile del Paese, la soluzione dei problemi stessi, non rimandando ulteriormente le urgenti decisioni che debbonsi prendere al riguardo dagli Enti competenti negli interessi della Nazione. »

*

Parole del Presidente della Sezione:

« Abbiamo terminato or ora una riunione del Consiglio della Sezione nella quale è stato deliberato che la Presidenza si consideri dimissionaria restando in carica unicamente per il disbrigo della normale attività fino a che non sarà possibile indire le nuove elezioni col sistema previsto dall'antico statuto ed al cui ritorno Voi ora siete stati invitati a votare per *referendum*.

Per quanto l'Associazione Elettrotecnica non faccia politica e sia fuori di ogni politica, il Presidente Generale Ing. Prof. Marco Semenza ha ritenuto opportuno considerarsi dimissionario essendo stato eletto con il sistema della nomina dall'alto, sistema che non corrisponde certamente alle aspirazioni ed ai dettami di quel modo democratico che vogliamo oggi far rifiorire nel nostro Paese.

Essendo a mia volta stato nominato con lo stesso sistema del nostro Presidente Generale Prof. Semenza ho ritenuto opportuno di associarmi al suo gesto significativo.

Io non voglio tralasciare questa occasione però per inviare il nostro deferente ma cordiale ed affettuoso saluto al Prof. Semenza unitamente alle nostre espressioni di viva simpatia per lui che conosciamo come un alfiere di quella libertà per cui si è sofferto e combattuto ed io spero vivamente e sono certo che Voi sarete d'accordo con me nel formulare l'augurio che il Prof. Semenza sia confermato Presidente Generale della nostra Associazione con il vecchio sistema elettorale e coi voti unanimi di tutti i Soci.

L'A.E.I. è uno dei più importanti organismi culturali del nostro Paese e la sua attività arriva come è noto ad una vera e propria funzione di carattere tecnico e giuridico attraverso quella più fattiva espressione del lavoro del nostro Ente che è il Comitato Elettrotecnico Italiano, il quale con i suoi 32 sottocomitati e coi suoi più che trecento membri costituisce un efficace ed apprezzato nucleo di legislazione tecnica nel nostro campo. Le numerose norme dell'A.E.I. fanno ormai testo in tutte le transazioni commerciali e molte di esse hanno già veste di legge, ma tutte quelle che interessano attività di carattere generale e di carattere pubblico dovranno avere veste di legge.

Il compito della nostra Associazione in questo travagliato dopo guerra è vasto ed importante sia per quanto riguarda la propria attività interna, sia per quanto riguarda le relazioni internazionali che sono sempre state improntate alla massima cordialità e che oggi potranno portare un loro contributo a quella ripresa di rapporti culturali e tecnici con le Nazioni alleate, rapporti i quali sono sempre dei vincoli di fratellanza che portano, per quanto indiretti, benefici effetti fra le Nazioni.

Oggi noi inauguriamo molto semplicemente, ma con i migliori intendimenti per il futuro, quella che possiamo chiamare la nuova vita dell'A.E.I. nel nuovo regime politico che l'Italia si sta dando.

Libera quindi da ogni influenza di carattere politico la nostra Associazione dovrà aumentare la propria attività e portarla su un efficace piano di collaborazione con gli Enti Statali manifestando i propri pareri in tutti quei problemi nei quali la nostra voce può essere autorevole e disinteressata, anzi tanto più autorevole quanto disinteressata.

L'opera di ricostruzione per far rinascere il nostro Paese è enorme e l'A.E.I. avrà un suo notevole contributo da dare a questo lavoro.

Problemi di grande portata e di grande interesse nazionale come per esempio quello delle unificazioni dei materiali, delle tensioni, delle correnti e delle frequenze, devono trovare la nostra Associazione pronta a dare quel contributo che le sarà richiesto e che sarà utile per il benessere generale e ciò fuori di ogni interesse privato e di ogni influenza politica; anzi mi sia lecito insistere su questo punto e manifestare il mio e vostro compiacimento perchè la politica non entra nella nostra Associazione e perchè io sono personalmente dell'opinione che specialmente oggi e per un certo tempo ancora, pur non volendo minimizzare la portata politica, debba la tecnica e quindi i problemi della ricostruzione avere maggior peso, maggior importanza e quindi la precedenza sui problemi solamente politici.

L'argomento è scottante e di attualità e mi pungerebbe il desiderio di trattarlo più ampiamente, ma io mi limito ad augurarmi che i fatti prendano sopravvento sulle parole ed a constatare che è necessario sopra ogni cosa che noi ci imponiamo una grande disciplina di buon senso e di buona volontà, disciplina che si racchiude per noi in un solo verbo: costruire.

Su questo piano e su questi programmi gli elettrotecnici siano in prima linea.

Ringrazio il Prof. Occhialini, al quale volgo il mio deferente saluto e quello di tutti voi, per avere così cortesemente accettato di tenere quella che abbiamo voluto chiamare la conferenza inaugurale di un nuovo periodo di lavoro. Nessuno meglio del nostro grande ed illustre consocio era indicato a questo scopo, sia per la sua libertà di pensiero sempre sostenuta negli anni decorsi, sia per la sua alta competenza scientifica che noi tutti gli ammiriamo ed apprezziamo.

Chiudo queste mie brevi parole prima di cedere la parola al chiarissimo Prof. Occhialini con un grido di amore per il nostro Paese che deve essere tutto il nostro programma.

Viva sempre l'Italia.

Viva l'A.E.I. ».

*

Verbale dell'Assemblea straordinaria del 26 settembre 1945.

Sotto la Presidenza dell'Ing. Bonaria si è riunita il giorno 26 settembre, alle ore 18, nella sede della Sezione, l'Assemblea Straordinaria dei Soci della Sezione con il seguente

ORDINE DEL GIORNO:

1. - Deliberazione circa la Presidenza in relazione del nuovo Statuto.
2. - Nuove quote sociali.
3. - Varie.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Il Presidente comunica che in conformità di quanto ha deliberato il Consiglio Generale dell'A.E.I. nella seduta del 10 settembre c. a. egli sottopone alla deliberazione dell'Assemblea il quesito se la Presidenza deve restare in carica fino all'approvazione del nuovo Statuto o se invece deve essere nominata per questo periodo, una Presidenza provvisoria.

L'Assemblea delibera all'unanimità che rimanga in carica l'attuale Presidente.

L'Ing. Bonaria ringrazia della fiducia l'Assemblea e dà comunicazione delle nuove quote che la Sezione deve versare alla Sede Centrale per ciascun Socio della Sezione stessa per l'anno 1946 stabilite dal Consiglio Generale del 10 settembre e delle quote proposte in conseguenza dal Consiglio della Sezione.

L'Assemblea approva le proposte del Consiglio.

Le quote che i Soci devono versare risultano pertanto le seguenti:

Juniores	L.	200,—
Individuali non residenti	»	400,—
Individuali residenti	»	450,—
Collettivi di I categoria	»	750,—
Collettivi di II »	»	2 000,—
Collettivi di III »	»	5 000,—
Collettivi di IV »	»	10 000,—

L'Ing. Di Roberto chiede che venga riconosciuta ai Soci la facoltà di pagare la quota in due rate per alleviare il notevole onere delle nuove quote.

L'Ing. Zappa chiede che il Presidente si interessi ancora presso la Presidenza Generale per una riduzione delle quote di associazione allo scopo di evitare una diminuzione del numero dei Soci.

L'Ing. Bonaria fa presente che già nel Consiglio Generale del 10 settembre 1945 è stata ridotta da 400 a 300 lire la quota che ogni Sezione deve versare all'Ufficio Centrale per i Soci individuali e che difficilmente potranno essere accettate nuove proposte di riduzione.

L'Ing. Pernigotti ricorda che in occasione dell'ultimo aumento delle quote sociali egli pure aveva chiesto un alleviamento delle quote stesse, ma che i rappresentanti delle Sezioni di Milano e Torino non avevano ritenuto opportuno appoggiare la sua richiesta sicuri che le nuove quote non avrebbero cagionato apprezzabili perdite di Soci.

L'Ing. Picciotti si associa all'Ing. Di Roberto per la richiesta del pagamento della quota sociale in due rate. L'Assemblea decide che sia concesso tale pagamento ai Soci individuali e che il primo versamento venga fatto in gennaio e il secondo debba essere fatto entro giugno.

L'Ing. De Micheli chiede che si provveda per l'invio delle Riviste arretrate e chiede se l'*Alta Frequenza* continuerà ad uscire. Il Presidente comunica che si è provveduto alla spedizione della Rivista a mezzo della Società CIELI che gentilmente si è offerta per il trasporto da Milano a Genova dato che l'Ufficio Centrale non ha ritenuto di poter provvedere alla spedizione per mezzo posta.

Per l'*Alta Frequenza* egli si riserva di assumere informazioni presso la Presidenza Generale.

Il Dott. Selvatici promette di interessarsi per il trasporto della Rivista per mezzo della Ferrovia.

L'Ing. Genesio propone che vengano indette riunioni periodiche di Soci della Sezione per discutere su particolari argomenti tecnici.

Il Presidente ricorda che anni addietro avvenivano già simili riunioni che poi per vari motivi non poterono più effettuarsi.

La Presidenza della Sezione farà comunque il possibile per riprendere questa iniziativa.

L'Ing. Ortu Carboni comunica che la Sezione cercherà di formare un gruppo, promuovere riunioni dei Soci radiotecnici allo scopo di favorire uno scambio di comunicazioni fra i cultori e gli amatori di radiotecnica circa i progressi che si verificano in questo campo. Il Presidente dà notizia che verrà indetta dalla Sezione una visita alla stazione dell'E.I.A.R.

L'Assemblea approva le iniziative.

Alle ore 19, poichè nessun altro chiede la parola, il Presidente ringrazia gli intervenuti e dichiara chiusa l'Assemblea.

SEZIONE PUGLIESE

Comunicazione tenuta dal Socio dott. ing. **Gino Crivellari** alla Sezione Pugliese dell'A.E.I. nella riunione del 25 ottobre 1945, sul tema: **Conversazione elettroatomica.**

L'ing. Crivellari esordisce accennando ai terribili effetti della bomba atomica e all'interessamento da questa suscitato al quale non possono sottrarsi gli elettrotecnici per rendersi conto, dal punto di vista scientifico, delle cognizioni acquisite sulla desintegrazione atomica artificiale in precedenza alla scoperta della bomba atomica stessa.

Dopo un rapido esame della costituzione dell'atomo e dei rispettivi nuclei secondo le moderne teorie, spiega come, in base alla teoria della relatività di Einstein, la disintegrazione completa in energia di un grammo di materia corrisponda a circa 25 milioni di kWh e come disintegrazioni spontanee in grande stile siano ammesse ad elevatissime temperature e possibili quindi solo nel sole ed altri astri incandescenti mentre nel nostro globo disintegrazioni progressive naturali si rivelano solo nei corpi radioattivi con le loro emanazioni di raggi α, β, γ dei quali espone le rispettive proprietà caratteristiche.

L'ing. Crivellari passa infine a trattare della disintegrazione artificiale ottenuta per bombardamento dei nuclei con elettroni, protoni, deutoni, particelle α.

Dopo alcune premesse sul concetto fisico dell'unità di energia denominata volt-elettrone ed adottata dai fisici per le particelle ionizzate in moto, passa a trattare dei vari sistemi usati per accelerare le particelle ionizzate bombardanti.

Tratta così dei potenti campi elettrici ottenuti fra sfere con i quali si ottengono per le particelle energie fino a qualche diecina di milioni di volt-elettroni con differenze di potenziale elettrostatiche fino a dieci milioni di volt.

Si diffonde inoltre a descrivere il principio del funzionamento del « ciclotrone » col quale si possono, con campi elettrici di poche migliaia di volt, ottenere per azione ripetuta, effetti analoghi a quelli ottenuti con campi elettrici, fra sfere, di milioni di volt.

Accenna infine, in base alle poche notizie pervenute da oltre oceano e a sue interpretazioni ricavate coordinando i dati raccolti, al principio essenziale di funzionamento del « betatrone » inventato recentemente dal prof. Krest ed in uso in America, per l'accelerazione degli elettroni.

Chiarisce come il principio di funzionamento di questo apparecchio sia tale da permettere, a differenza del ciclotrone, di imprimere alle particelle più piccole conosciute, come sono gli elettroni, energie formidabili di 20 e anche di 100 milioni di volt-elettroni dando loro velocità assai prossime a quella della luce.

Accenna, di passaggio, all'aumento di massa, per lo meno apparente agli effetti cinetici, subìto dalle particelle man mano che la loro velocità si approssima a quella della luce e come le elevatissime velocità impresse agli elettroni abbiano potuto permettere di dare piena conferma sperimentale quantitativa all'aumento di massa suddetto previsto dalla teoria della relatività di Einstein.

Passa infine a trattare dei diversi elementi e particelle ottenuti per bombardamento dell'alluminio, dell'azoto, del berillio, dell'ossigeno, del litio, ecc. con particelle α, neutroni, protoni, deutoni e come si possano ottenere dalla disintegrazione prodotti stabili ed anche prodotti instabili e cioè radioattivi a loro volta, con periodo di dimezzamento assai minore a quello constatabile sui corpi radioattivi delle famiglie dell'Uranio, dell'Attinio, del Torio, e quindi con intensità radioattive molto superiori a quelle naturali.

L'ing. Crivellari spiega infine come, nonostante le singole reazioni nucleari siano fortemente esotermiche, nel complesso il bombardamento risulti, dal punto di vista energetico, fortemente passivo dato che una minima proporzione di particelle emesse colpisce i nuclei da disintegrare.

Accenna infine agli esperimenti effettuati dal fisico italiano Fermi col bombardamento a mezzo di neutroni rallentati e col quale si potè migliorare, dell'ordine di migliaia di volte, il rendimento del processo di disintegrazione.

Riporta quindi alcuni dati sulle esperienze eseguite da Fermi e collaboratori col bombardamento, a mezzo di neutroni rallentati, dell'Uranio e col quale furono ottenute

Biblioteca nazionale centrale di Roma

scissioni nucleari capaci di erogare fortissime quantità di energia.

Ricorda come queste esperienze, eseguite nell'Istituto Superiore di Sanità di Roma ove esiste un importante impianto generatore di neutroni a mezzo di deutoni, già facessero presumere, qualche anno fa, prossime conseguenze rilevanti e impreviste sui futuri sviluppi di questi processi di disintegrazione artificiale dei nuclei a mezzo di neutroni rallentati.

Ricollega infine queste esperienze alle poche indiscrezioni conosciute sulla fabbricazione del Plutonio, costituente principale della bomba atomica, che risulta ottenuto appunto per bombardamento dell'Uranio a mezzo di neutroni rallentati.

Si sarebbero in tal modo realizzate in grande stile le incerte previsioni teoriche avanzate qualche anno fa con le ultime esperienze romane e proseguite successivamente in America da Fermi ed altri scienziati con mezzi strumentali ben più poderosi.

Dopo alcuni accenni alle caratteristiche fisiche e chimiche dell'acqua pesante, quale sorgente di deutoni che col loro bombardamento producono i neutroni, l'ing. Crivellari espone le ipotesi emesse sulle probabili modalità adottate per provocare, al momento voluto, l'esplosione della bomba atomica e sulla incertezza quasi completa che regna su questo punto.

Esprime infine qualche dubbio sulla possibilità di sfruttare, per scopi utili, tali ingenti quantità di energia atomica.

Il conferenziere chiude la sua esposizione esprimendo il suo compiacimento nel constatare il grande contributo dato a questi studi da molti scienziati italiani e in particolare dal Fermi e si augura che i popoli vincitori sappiano pure trarre dallo spirito latino quel senso di umanità cristiana affratellante popoli diversi affinchè non siano volti contro l'umanità stessa i frutti del pensiero scientifico moderno.

Durante la conferenza e alla fine di essa hanno interloquito l'ing. Ortensi, il prof. Buogo, il prof. Vignola, l'ing. Carabellese ed altri.

Il prof. Buogo esprime infine l'augurio che gli scienziati, sia pure nelle notevoli difficoltà del momento, possano dedicarsi sereni e indisturbati alla ricerca spassionata dei segreti della natura.

Ha chiuso la riunione il Presidente ing. Cerillo congratulandosi col conferenziere per l'interessante comunicazione al quale l'uditorio ha rivolto infine un cordiale applauso.

NECROLOGIO

Il 7 giugno scorso ha chiuso la sua intensa vita di lavoro il

Dott. Ing. GIULIO SCHROEDER,

direttore della produzione della Sezione grandi costruzioni negli Stabilimenti della Ercole Marelli & C. Società per Azioni.

Nato a Napoli nel 1880, dopo avere brillantemente percorso gli studi nel locale Istituto Industriale, conseguiva la laurea in ingegneria elettrotecnica; una borsa governativa di studio ch'Egli vinse gli permise di recarsi per un anno a Dresda per un corso di perfezionamento.

Iniziò la propria carriera all'estero presso la Sezione Tecnica della Union E. G. di Berlino dove venne nominato vice direttore tecnico nel 1903 quando l'Union venne assorbita dalla A.E.G. di Berlino.

Dal 1903 al 1905 Egli si dedicò al lavoro di confronto e di selezione dei tipi delle due ditte, nonchè allo studio di costruzioni che allora erano considerate d'avanguardia, quali, ad esempio, il motore monofase per trazione sistema Winter-Eichberg.

Lasciata l'A.E.G. passava alla Westinghouse Russa come ingegnere capo, assumendo poi nel 1912 anche la carica di direttore sostituto della produzione.

Erano tempi di vivissima concorrenza e le aziende lottavano strenuamente non solo per conquistare mercati, ma anche per mantenere le posizioni raggiunte.

Le eccellenti qualità di costruttore dell'Ing. Schroeder ebbero qui campi di rivelarsi in pieno; le serie di macchine a corrente continua e alternata che il giovane direttore progettò e costruì, risultarono atte ad affrontare e vincere la vivissima concorrenza che le industrie elettrotecniche germaniche e quelle locali esercitavano sul mercato.

Nel 1914 passò a far parte della British Westinghouse Co. quale progettista capo per il macchinario elettrico e vi rimase per tutta la durata della guerra europea.

Nel 1918 venne assunto quale consulente alla Dick Kerr Co. di Preston e nel successivo 1919 passò quale capo progettista del reparto elettrico del gruppo di aziende raggruppate sotto il nome di English Electric Co. Ltd. (Dich Kerr & Co. Ltd., Preston - Siemens Dynamo Works, Stafford - Phoenix Dynamo Works, Bradford - Coventry Ordinance Works, Coventry - Wollans & Robinson's Works-Rugby).

La riorganizzazione delle serie esistenti e lo studio delle nuove occuparono tutto il quinquennio sino al 1925, con brillanti risultati tecnici, dopo di che il reparto centrale progetti dell'intero gruppo veniva decentrato nelle varie fabbriche e l'Ing. Schroeder, pur mantenendo sempre la carica di progettista capo dell'intero gruppo, diveniva capo consulente tecnico dell'azienda, carica che manteneva fino al 1930, anno nel quale veniva assunto come ingegnere capo dalla W.E.O. che riuniva tutte le officine elettromeccaniche dell'Unione Sovietica.

La morte di una giovanissima figlia, il grande dolore senza requie che lo accompagnò per tutto il resto della Sua vita, gli fece desiderare ardentemente di ritornare in patria e sul finire del 1932 entrava a far parte della Ercole Marelli & C. S.p.A. come direttore degli uffici tecnici della sezione grandi costruzioni, per diventare nel 1939 direttore della produzione della sezione stessa.

La Sua provata esperienza di progettista costruttore, la sicura conoscenza dei metodi e sistemi di lavorazione in uso presso le migliori ditte elettromeccaniche del mondo, gli permisero di iniziare e di condurre rapidamente a termine un rinnovamento del macchinario elettrico di serie e speciale per tutta la vasta gamma delle piccole, medie e grandi potenze.

Temperamento squisitamente latino, di ingegno vivacissimo, con innato il *senso* del costruttore, portava nella soluzione dei problemi il contributo di una schietta genialità, che aderendo sempre a criteri essenzialmente pratici facevano di Lui un magnifico realizzatore.

Un uomo di questa tempra non poteva essere che autoritario: ma Egli seppe esserlo da gentiluomo, il che gli valse la simpatia e la devozione dei suoi dipendenti che riconoscevano in lui le innegabili qualità di un capo generosissimo; sentiva una tenerezza commovente per l'infanzia povera e sofferente, forse anche per il ricordo della Sua figliola, grande peso sul cuore che velava con un'ombra di tristezza la luce dei suoi chiari occhi celesti, limpido specchio di un'anima nobilissima.

Per il cambio di indirizzo inviare **Lire 25.—** unitamente alla fascetta vecchia.

Prof. ANGELO BARBAGELATA, *Direttore responsabile*.
Autorizzazione P.W.B. n. 58 del 1-6-1945

IND. GRAFICHE ITAL. STUCCHI - Via Marcona, 50 - MILANO - 1946

Biblioteca nazionale centrale di Roma

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

Sunti e Sommari . . . . . Pag. 85 D

Apparecchi e dispositivi di manovra, protezione, ecc. – Applicazioni varie – Condutture – Elettrochimica ed elettrometallurgia – Elettrofisica e magnetofisica – Elettrotecnica generale – Illuminazione e fotometria – Materiali – Meccanica – Misure – Motori primi – Radiotecnica – Telefonia, telegrafia e televisione – Trasmissione e distribuzione – Trazione e propulsione.

SUNTI E SOMMARI (*)

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, PROTEZIONE, ECC.

W. Winter — **Determinazione dei più piccoli possibili interruttori di protezione per motori in corto circuito a inserzione diretta fino a 60 A di corrente nominale.** (A.S.E. Bull., 25 luglio 1944, pag. 396 a 399, con 4 fig.). **3 e**

Le normali valvole fusibili sul circuito di alimentazione dei motori non possono proteggerli contro sovraccarichi pericolosi; a tale compito adempiono invece interruttori di protezione a scatto termico le cui caratteristiche sono molto diverse da quelle delle valvole fusibili. Queste invece sono assai bene adatte per proteggere contro forti sovracorrenti da corto circuito. La valvola di massima portata ammissibile viene determinata dalla capacità dell'interruttore di protezione del motore a sopportare i corto circuiti. L'A. si propone di determinare la più piccola valvola di protezione ammissibile. Per la scelta delle valvole negli impianti di motori bisogna tenere presente la intensità e la durata della corrente di avviamento. Per i motori ad anelli, ad avviatori centrifughi e per quelli in corto circuito con avviamento stella-triangolo si possono usare in generale valvole fusibili tarate da 1 a 1,5 volte la corrente nominale. Ben diversamente vanno le cose per i motori in corto circuito a inserzione diretta che presentano corrente di avviamento assai più intensa. L'A. riporta le curve caratteristiche dei fusibili da 6 a 60 A, cioè le correnti che provocano la fusione in funzione della durata, secondo le norme svizzere. Sia inoltre nota la curva caratteristica d'avviamento di un motore trifase in corto circuito; si ammetta che il momento resistente si mantenga costante, presso a poco eguale a quello normale di regime; da tale curva della corrente di avviamento in funzione del tempo, l'A. deduce quella dell'andamento del valor medio quadratico della corrente in funzione del tempo. Se si portano sugli stessi assi coordinati le caratteristiche del motore e delle valvole, per quel dato motore la valvola fusibile di minima portata è quella la cui caratteristica non viene più intersecata dalla caratteristica del motore; una valvola è utilizzata al massimo quando la sua caratteristica riesce tangente a quella del motore. Secondo la costruzione del motore in corto circuito (potenza, numero di poli, disposizione degli avvolgimenti entro le cave, ecc.) la corrente di avviamento con inserzione diretta arriva a 400 e fino a 800 % della corrente nominale e scende alla fine dell'avviamente al valore nominale; l'andamento di tale caratteristica è analogo per motori di egual tipo. Per ottenere risultati applicabili a tutti i motori conviene portare sulle ascisse anzichè il valore assoluto della corrente, il suo valore percentuale rispetto alla corrente nominale. L'A. non tiene conto delle caratteristiche di avviamento delle macchine comandate ma fissa alcune durate di avviamento per il calcolo del tipo di valvola fusibile, affidandosi poi all'interpolazione per durate intermedie. Sul diagramma delle caratteristiche dei fusibili da 6-10-10-15-20-25-35-50-60 A si portano le caratteristiche di avviamento dei motori per durate di 0,5-1-2-5-10-30 e 60 secondi in modo che esse riescano tangente alle curve caratteristiche dei fusibili. Si può così determinare per ogni durata di avviamento e per ogni tipo di valvola la massima corrente di avviamento possibile. Si può allora tracciare un diagramma in cui in funzione della corrente di avviamento (espressa come percentuale di quella nominale), e del tempo di avviamento (e quindi del tipo di macchina comandata) si può scegliere la più debole valvola fusibile ammissibile. Viene riportato un diagramma di tale genere e il suo impiego pratico è chiarito con un esempio numerico. *N.*

R. Leroy — **Il dispositivo automatico di sincronizzazione rapida della centrale di Verbois.** (A.S.E. Bull., 26 luglio 1944, pag. 399 a 401, con 1 fig.). **3 b**

Nello studio del progetto della centrale di Verbois ci si è sforzati di prevedere tutti gli organi ausiliari che potessero facilitare e rendere più rapida la messa in servizio dei gruppi come pure la messa in parallelo della centrale sulle linee di collegamento. Fra l'altro è stato installato il dispositivo automatico rapido di sincronizzazione della Brown Boveri. Esso è già stato applicato con successo da parecchi anni in parecchie grandi centrali, come quella del Lago Nero in Alsazia e quella dello Schluchsee nella Foresta Nera; esso è previsto anche nella grande centrale di Génissiat sul Rodano (4 × 700 000 kVA + 2 × 92 500 kVA) e in quella dell'Aigle (4 × 60 000 kVA) in Dordogna. L'installazione di tale dispositivo nella centrale di Verbois era particolarmente consigliabile dato il grande numero di interruttori che devono essere sincronizzati in caso di perturbazioni: i 3 alternatori di Verbois, da 27 500 kVA, sono collegati alle sbarre a 18 kV dalle quali partono i cavi che alimentano Ginevra dove si trova una centrale termica di riserva e quelli che vanno ai trasformatori della cabina all'aperto che realizza il collegamento con la rete svizzera a 125 kV e con quella francese a 150 kV: oltre alla sincronizzazione su gli interruttori degli alternatori si doveva prevedere anche la possibilità della messa in parallelo sugli interruttori delle partenze a 18 kV e su quelli delle partenze a 125 e a 150 kV. L'interesse della sincronizzazione automatica nella centrale di Verbois dipendeva principalmente dal fatto che essa è destinata a funzionare in parallelo con centrali molto diverse come tipo e come caratteristiche di regolazione; data la varietà dei servizi a cui la centrale di Verbois è destinata, le operazioni di messa in parallelo sono frequenti e devono essere eseguite il più rapidamente possibile, anche dopo perturbazioni le cui ripercussioni sulla frequenza sono talvolta di lunga durata: in particolare quando la centrale deve riprendere il servizio dopo un arresto totale. La sincronizzazione a mano troppo lenta quando si ha fretta di ristabilire la fornitura dell'energia dopo una perturbazione, era tanto più difficile a Verbois in quanto si tratta di gruppi lenti a bassa caduta. Il dispositivo automatico di sincronizzazione rapida si compone di due apparecchi: un accoppiatore che provoca la chiusura dell'interruttore di un alternatore, di un trasformatore o di una linea di interconnessione; un sincronizzatore che porta la turbina alla velocità voluta e tanto più rapidamente quanto maggiore è la differenza delle frequenze. I vantaggi principali dell'apparecchio sono i seguenti. La messa in parallelo viene effettuata senza scosse all'atto della prima coincidenza di fase producentesi dopo che si è ottenuta una differenza delle frequenze di circa 1 %; non si è creduto utile eseguire la messa in parallelo quando la differenza delle frequenze è maggiore perchè si rischia di pagare il piccolo guadagno di tempo con colpi di potenza indesiderabili dovuti all'inerzia delle ruote polari. L'accoppiatore dà l'ordine di chiusura con uno spostamento angolare proporzionale allo scorrimento e

(*) Per i titoli delle riviste recensite vedi l'elenco pubblicato a pag. 1 D del fascicolo del 10-25 gennaio 1945.

Biblioteca nazionale centrale di Roma

al tempo proprio di chiusura dell'interruttore, di modo che la chiusura dei contatti dell'interruttore avviene all'istante preciso in cui si verifica la coincidenza delle fasi. Si ottiene una messa in parellelo perfetta a qualunque tensione compresa fra 115 e 65 % del valore normale e per frequenze di 42 a 52 p/s (valore normale 50 p/s). Il dispositivo richiede per la sua alimentazione soltanto un trasformatore monofase sul lato rete; sul lato macchina l'alimentazione si effettua coi riduttori di tensione trifasi già necessari per i regolatori di tensione o per le misure. Per la messa in servizio del dispositivo basta girare la chiave di sincronizzazione corrispondente all'interruttore da chiudere; il dispositivo entra in funzione e basta poi, quando il gruppo ha raggiunto la velocità sincrona con approssimazione di circa 5 %, inserire un manipolatore che provoca la messa in servizio del dispositivo di sincronizzazione; una volta compiuta la messa in parallelo, il dispositivo di sincronizzazione viene messo automaticamente fuori servizio e pronto a essere utilizzato per chiudere un altro interruttore. Il dispositivo è stato messo in funzione a Verbois all'inizio del 1943 e ha dato ottimi risultati. *N.*

APPLICAZIONI VARIE.

W. Janicki — **Elettricità e sport.** (A.S.E. Bull., 3 maggio 1944, pag. 248 a 253). **6 c**

L'A. passa in rivista le diverse applicazioni della energia elettrica negli sport. Data l'intensità attuale della vita civile è difficile che uno sportivo possa dedicarsi ai suoi esercizi durante il giorno; per lo più vengono utilizzate le ore serali e perciò l'illuminazione elettrica assume grande importanza. Ci sono due grandi campi di applicazione: illuminazione di locali chiusi (per atletica, piscine da nuoto, ecc.) o di spazi all'aperto (campi da tennis, da golf, da calcio, ecc.). In entrambi i casi è essenziale evitare fenomeni di abbagliamento. Nell'illuminazione di locali chiusi è necessario per la sicurezza degli sportivi realizzare una grande uniformità di illuminazione: bisogna quindi installare molte sorgenti luminose ben distribuite. Come intensità d'illuminazione bastano di solito da 80 a 100 lux; per condizioni non eccezionali di ambiente si può contare di dover installare circa 10 W/m²; per sale da tennis occorre una illuminazione più intensa, mentre per piscine da bagno possono bastare 40 lux. Per spazi aperti si adottano di solito lampade sospese a cavi tirati orizzontalmente, distribuendole il più uniformemente possibile. Per grandi campi si può adottare il sistema a torri come nei piazzali ferroviari o simili. Si richiedono di solito 70 a 90 lux. Nei campi di pattinaggio occorre una illuminazione maggiore; per campi di 4000 m² occorrono circa 20 W/m². Recentemente si sono adottate lampade a vapori di sodio o di mercurio ma bisogna garantirsi che non intervengano effetti stroboscopici. Il riscaldamento elettrico viene preferito per molti aspetti; le più frequenti applicazioni sono: riscaldamento degli spogliatoi per gli atleti o delle tribune per gli spettatori; preparazione dell'acqua calda per i lavatoi, i bagni, ecc.; riscaldamento delle piscine da nuoto. In questo ultimo caso si consumano quantità ingenti di energia e conviene ricorrere ad accumulatori di acqua calda e all'impiego di energia notturna e di pompe di circolazione. L'energia elettrica è invece impiegata per la produzione del freddo nei campi da patinaggio artificiali. Un altro impiego è quello per la ventilazione richiesta per ragioni igieniche nei locali da sport chiusi. Spesso è necessario ricambiare l'aria dieci volte all'ora per mantenere un ambiente sano; quindi bisogna proporzionare i ventilatori in modo che possano rimuovere tutta l'aria del locale in 6 minuti; per locali di oltre 250 m³ bisogna ricorrere a grandi ventilatori elicoidali. Importanza fondamentale ha la esatta misura dei tempi, fino a frazioni di secondo; non bastano più gli ordinari cronometri a scatto perchè l'errore personale diviene troppo sensibile. Si ricorre a dispositivi elettrici. Per le corse si adotta un dispositivo a relè sensibile alla rottura di un filo teso sulla linea del traguardo. Il dispositivo non basta se si devono misurare i tempi di più concorrenti che si susseguono; inoltre possono intervenire errori dovuti al cuscinetto di aria compressa davanti al corridore. Per eliminare questi inconvenienti si può ricorrere, invece che a fili, a tubi nei quali al passaggio del concorrente si genera un'onda di pressione d'aria che aziona un relè. Più precisi, per mancanza di inerzia, sono i dispositivi a cellula fotoelettrica nei quali il passaggio di un concorrente interrompe un raggio luminoso provocando l'intervento di un relè; per il funzionamento basta una illuminazione di circa 30 lux. Per la misura della velocità istantanea si usano dispositivi a doppia barriera luminosa; la prima fotocellula agisce sulla griglia di un tubo amplificatore e la scarica del tubo dura finchè il concorrente taglia il fascio luminoso della seconda cellula; il tempo si deduce dalla quantità di elettricità erogata nell'intervallo la quale si misura con un galvanometro balistico. Dispositivi a fotocellule si usano per il conteggio degli spettatori agli ingressi (fino a 160 al secondo). Segnalatori elettrici di colpi sono usati nella scherma. Altre applicazioni citate sono quelle per la trasmissione rapida delle notizie per mezzo di altoparlanti, telescriventi e diffusioni radio; anche i collegamenti telegrafici e telefonici acquistano grande importanza nelle competizioni internazionali come le Olimpiadi, ecc. Parecchi dispositivi elettrici sono usati nelle competizioni di caccia su obbiettivi artificiali, o nel tiro al piccione, ecc. Sono ancora da ricordare le applicazioni nel campo dei trasporti come le funi mobili per sciatori, ecc. *N.*

CONDUTTURE.

H. Wettstein — **Valutazione grafica della freccia delle linee aeree.** (A.S.E., 31 maggio 1944, pag. 294 a 297, con 3 fig.). **9 c**

Il calcolo delle variazioni della freccia di un conduttore di linea aerea in funzione della portata e della temperatura, per via analitica conduce a equazioni complicate di grado superiore e a calcolazioni assai lunghe. Sono stati proposti allo scopo molti metodi grafici i quali, per quanto diversamente presentati dai rispettivi AA., possono essere tutti ricondotti all'abaco di Blondel pubblicato la prima volta nel 1902 e successivamente più volte modificato fino alla forma definitiva del 1914. L'A. ha cercato di utilizzare il materiale finora pubblicato per costruire un diagramma che permetta di ricavare i dati relativi al comportamento di un dato conduttore in funzione della temperatura, del sovraccarico, ecc. Parte a questo scopo dalla equazione generale di Weil per l'equilibrio di un conduttore, che tiene conto della temperatura, del peso specifico del materiale, del sovraccarico, della sollecitazione meccanica, della campata, del coefficiente di dilatazione termica e della freccia. Dimostra come si possa ridurla ad una forma del tipo $y = p^2 x + p^3$ dove y e x sono funzioni degli elementi ora detti e p è la sollecitazione unitaria di tensione. La equazione precedente esprime un fascio di rette quando si prendano come coordinate y e x e si considerino vari valori per p. Queste rette tagliano gli assi nei punti ($x = -p$, $y = 0$) e ($x = 0$, $y = p^3$) e sono inclinate di un angolo tang $\varphi = p^2$ rispetto all'asse x. L'A. chiama isotasi queste rette, cioè rette di eguale sollecitazione; esse sono indipendenti dal materiale. D'altra parte y, per un dato materiale, riesce dipendente soltanto dalla campata; ad ogni valore della campata corrisponde quindi sul diagramma precedente una retta parallela all'asse delle ascisse, che taglia il fascio delle rette inclinate. Le Norme prescrivono di considerare la temperatura minima senza sovraccarico e senza vento, e un sovraccarico di 2 kg/m a 0 °C senza vento. Poichè con l'aumentare della campata l'effetto della temperatura sulla sollecitazione unitaria va diminuendo mentre cresce quello del sovraccarico, esiste una lunghezza di campata critica per la quale la sollecitazione unitaria è massima per entrambe le condizioni previste dalle norme. Considerando la lunghezza di campata s come variabile e la temperatura t come costante si ottiene sul diagramma una retta inclinata di tang $\varphi = p^2$ sull'asse x per ogni valore di t; basta tracciare le due rette per $t = -20$ °C e $t = +40$ °C, per determinare la scala, dato l'intervallo; per ogni retta orizzontale corrispondente a un valore dato di s si può così leggere la corrispondente sollecitazione p per ogni temperatura. Se invece si tiene costante t e si varia s si ottiene una famiglia di rette di inclinazione tang $\varphi = [(\delta/\delta_0)p_0]^2$ essendo δ e δ_0 il peso specifico del materiale senza sovraccarico e con sovraccarico a 0 °C, in kg/cm³. Tale angolo riesce variabile col sovraccarico per cm³ e quindi con la sezione del conduttore. Quindi a ogni sezione corrispon-

Biblioteca nazionale centrale di Roma

de una retta diversamente inclinata. Basta anche qui tracciare le rette corrispondenti a $t = -20$ °C e $t = +40$ °C, per una data sezione. Le rette per $t = -20$ °C tracciate nell'ipotesi di s costante e s variabile si tagliano in un punto; le due rette per $t = +40$ °C si tagliano pure in un punto; e il segmento fra i due punti di incontro, che riesce parallelo all'asse x, determina la lunghezza della campata critica. Sullo stesso diagramma si possono facilmente leggere le sollecitazioni per qualunque condizione di temperatura e di campata. *N.*

ELETTROCHIMICA ED ELETTROMETALLURGIA.

R. Bottier — **Campo di impiego dei forni a resistenza, ad arco, o a induzione nella fabbricazione dei vari acciai speciali.** (Bull. Soc. Franç. Elec., febbraio 1943, pag. 57 a 65, con 5 fig.). **13 d**

L'A. considera dapprima le ghise speciali. Per esse sono in uso due procedimenti. Nel primo le cariche sono costituite da materiali aventi composizione chimica globale corrispondente a quella voluta; si fonde su una scoria basica; il metallo risultante viene surriscaldato e poi colato; possono servire tanto il forno ad arco come quello a resistenza o a induzione. Anche con la variante in cui si parte da carica di acciaio che si ricarbura rapidamente, si possono usare le tre categorie di forni. Nel processo Duplex, più usato, in cui la ghisa ottenuta in un cubilotto viene passata al forno elettrico per essere desulforata, si richiede il forno ad arco. Per la fabbricazione degli acciai speciali quando si tratta di forti produzioni si deve ricorrere ai forni ad arco o a induzione; il forno a resistenza può essere impiegato soltanto per produzioni di 3 tonnellate al massimo. La fabbricazione degli acciai al silicio offre qualche difficoltà specialmente per la disossidazione che richiede un certo tempo; se la si compie fuori del forno, come nel trattamento al Martin, si corre il rischio di un raffreddamento deleterio; non si può fare tale raffinazione convenientemente che al forno ad arco. Gli acciai al manganese si ottengono per aggiunta all'acciaio decarburato della quantità di manganese necessaria alla ossidazione e ad ottenere il tenore voluto; si possono usare tutti e 3 i tipi di forno elettrico. La fabbricazione degli acciai al cromo non offre particolari difficoltà ma esige l'uso di ferro-cromo perfettamente decarburato; questo si può ottenere col forno elettrico ad arco. Per gli acciai al molibdeno i forni ideali sono quelli a resistenza o a induzione, tenuto conto della affinità del molibdeno per l'ossigeno. Per gli acciai al tungsteno sono consigliabili i forni a induzione o a resistenza per ridurre le perdite per ossidazione. Per gli acciai al nichel e per gli acciai rapidi il forno a induzione ha la preferenza. In generale i forni ad arco convengono per la preparazione dei materiali che esigono una affinazione del bagno; sono invece da escludere in tutti i casi in cui si deve evitare ricarburazione del bagno. Nella fabbricazione degli acciai si usano di solito forni trifasi tipo Héroult; l'atmosfera in cui si opera può essere determinata a volontà; può, per es., essere riduttrice potendosi ottenere una riduzione e desolforazione del bagno. La potenza massima attuale dei forni Héroult arriva a 4500 kW; può essere superata con forni a 4 elettrodi. I forni a induzione a bassa frequenza si usano preferibilmente per fabbricazione di leghe tipo ottone, ma non si prestano per affinazione; vi è tuttavia un esempio di forno a induzione a bassa frequenza impiegato per fusione di acciai al nichel-cromo. I forni a induzione ad alta frequenza sono invece usati frequentemente per acciai, per potenze anche fino a 7 tonnellate; si produce una carburazione del metallo; il forno propriamente detto è poco costoso ma lo è invece la apparecchiatura relativa; si raggiunge assai rapidamente la temperatura di colata. I forni a resistori metallici sono usati per temperature non superiori a 800 °C; però, gli elementi NiCr 80/20 possono sopportare a lungo anche 1000 °C; con leghe speciali Fe, Cr, Al si può arrivare a 1200 °C. Tali forni però convengono per trattamenti termici più che per metallurgia. I forni a resistori di carbonio servono per temperature altissime ma hanno l'inconveniente della carburazione e durano poco, a meno di funzionare sotto vuoto. Le sbarre di carborundum possono servire fino a 1300 °C. Forni oscillanti a resistore centrale di grafite sono usati per fusioni. Per la fusione di leghe leggere si usano soltanto forni a resistenza o a induzione; forni a crogiolo sono usati fino a 200 kg con consumi di 450 a 700 kWh/t; forni a riverbero servono fino a 15 t con consumi di 650 a 750 kWh/t. *Ri.*

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA.

F. Massarelli. — **Su alcune apparecchiature C.G.E. per la registrazione di pellicole sonore.** (C.G.E., aprile 1945, pag. 1 a 8, con 9 fig.). **14 d**

Nella produzione di pellicole sonore si distinguono due metodi di incisione del suono e cioè: l'incisione diretta nella quale il suono viene registrato contemporaneamente alla ripresa fotografica, e l'incisione indiretta nella quale il suono viene inciso indipendentemente della ripresa cinematografica e successivamente ad essa. Si è riscontrato che si ha convenienza ad appoggiarsi al metodo di registrazione indiretta e per vari motivi: non sempre le necessità di inquadramento sono buone dal punto di vista sonoro o le condizioni ambientali non sono buone, ecc. Se in incisione diretta un effetto fonico non è ben riuscito bisogna ripetere anche la corrispondente ripresa fotografica, con spreco di pellicola, energia, ecc. Nella incisione indiretta è sempre possibile curare il collocamento dei microfoni nei piani più favorevoli per l'effetto acustico, correggere le caratteristiche acustiche dell'ambiente ed evitare la ripresa fotografica nel caso di dover ripetere la registrazione sonora. L'A. descrive alcune realizzazioni per la registrazione indiretta. Un impianto di tale tipo comprende: una sala di doppiaggio e una sala di registrazione. Nella prima sono collocati i gruppi di microfoni, di solito del tipo a bobina mobile o a condensatore nel caso di registrazioni musicali nelle quali si vuole il più grande possibile l'angolo di raccolta del suono, mentre si ricorre a microfoni a nastro per il dialogo perchè essi hanno caratteristiche di raccolta spiccatamente direzionali; nella sala è anche montato un quadro di proiezione sul quale viene proiettata la scena da sonorizzare. Alla sala di registrazione fanno capo i cavi dei microfoni che vengono dalla sala di doppiaggio e si allacciano sull'entrata di speciali gruppi preamplificatori aventi lo scopo di portare le correnti modulate in arrivo a un livello abbastanza alto per poterle convogliare ai successivi canali di amplificazione. Agli amplificatori possono eventualmente far capo anche le correnti foniche provenienti da colonne sonore, trainate da apposite teste sonore con motori autosincronizzati. Le correnti in arrivo vengono trasferite ad un dosatore che, attraverso una combinazione di circuiti puramente resistivi, compone le correnti in arrivo in un'unica corrente di uscita. Su ciascuna linea in arrivo al dosatore è inserito un attenuatore regolabile per variare a piacere il livello di trasmissione su quella linea. Il livello della corrente di uscita dal dosatore è a sua volta regolabile con altro attenuatore generale. L'uscita del dosatore viene portata ad un amplificatore di linea che compensa le perdite di livello dovute ai circuiti di attenuazione del dosatore. L'amplificazione di registrazione provvede infine a portare la corrente modulata al livello adatto per pilotare l'equipaggio oscillografico del galvanometro di incisione, il quale converte la modulazione elettrica in modulazione luminosa atta ad impressionare il negativo della colonna sonora. Nelle teste sonore è assoluto requisito la costanza della velocità degli organi di trazione della pellicola. L'A. descrive un apparecchio costruito per determinare entro quali limiti oscilli il coefficiente di stabilità delle teste sonore oppure il suo reciproco (coefficiente di fluttuazione). Per assicurare la costanza di marcia negli apparecchi di cui l'A. si occupa si ricorre a uno speciale volano in bagno d'olio e a speciali motori autosincronizzati la cui velocità è indipendente dalle variazioni di tensione di linea; in casi particolarmente importanti si ricorre anche a collegamenti Selsyn. Nel progetto degli amplificatori si sono dovute tenere presenti speciali esigenze: riduzione al minimo del rumore di fondo, corrente di trasmissione sufficientemente ampia (da 30 a 10 000 p/s), possibilità di compensare le attenuazioni di frequenza introdotte da altri organi, ottima schermatura elettrica. Anche per i dosatori si sono dovute soddisfare speciali esigenze specialmente per poter agire, oltrechè sul livello, anche sulla tonalità delle correnti trasmesse. *Ri.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma

ELETTROTECNICA GENERALE.

M. Bayard — **Sulla propagazione delle onde lungo le linee di trasmissione e sul calcolo dell'onda risultante dopo le successive riflessioni alle estremità.** (Bull. Soc. Franç. Elec., marzo 1943, pag. 98 a 107). **15 b**

Come è noto lo sviluppo dei fenomeni elettrici sulle linee di trasmissione dipende da una equazione alle derivate parziali nota col nome di equazione dei telegrafisti, in cui entrano la resistenza e il coefficiente di autoinduzione di un anello di linea avente una lunghezza unità, e la capacità e la perditanza fra due conduttori della linea per un tronco di lunghezza unità. La intensità in un punto della linea in un dato istante è poi anche legata al potenziale da due equazioni alle derivate parziali. Per completare la determinazione della propagazione bisogna inoltre tenere presente che le estremità della linea intervengono a loro volta fissando condizioni ai limiti; queste si esprimono facilmente in regime sinusoidale permanente per mezzo delle impedenze terminali: quella interposta fra la sorgente e l'origine della linea, e l'altra alla uscita dalla linea. Come condizione iniziale si assume quella di stato di riposo, perturbato, all'istante iniziale, dalla applicazione brusca di una forza elettromotrice costante di valore unità: la soluzione corrispondente è stata chiamata ammittenza iniziale ma l'A. preferisce chiamarla ammettenza transitoria. Basta dunque risolvere il problema della determinazione della ammettenza transitoria per una linea con estremi dati arbitrariamente. Il problema pure così ridotto è di grande difficoltà: la determinazione diretta della soluzione è stata ottenuta soltanto per casi di estremità particolarmente semplici; però la soluzione generale non presenta difficoltà insuperabili se si passa per l'intermediario della determinazione dell'ammettenza transitoria per una linea seminfinita, cioè per una linea uniforme che possieda un principio ma non una fine. La soluzione è classica e può ottenersi in vari modi: utilizzando la trasformazione di Laplace o con l'integrale di Cauchy. L'A. segue il metodo della trasformazione di Laplace che presenta il grande vantaggio di riattaccare le soluzioni del regime transitorio a quelle del regime sinusoidale permanente. L'A. indica dapprima la soluzione data da Carson per la equazione dei telegrafisti nel caso di una linea terminata da due impedenze qualunque, rilevando come la soluzione (data da uno sviluppo in serie) possa essere interpretata fisicamente nel senso che rappresenta la somma delle onde che, dopo aver attraversato la rete terminale all'origine, si riflettono da una estremità all'altra; non si tratta però di riflessione di onde che si propagano lungo la linea ma della combinazione di onde stazionarie. La soluzione di Carson non conduce però a forme comode per le pratiche applicazioni. L'A. presenta un'altra soluzione basata sulla introduzione delle funzioni di Bessel che conduce, senza introdurre il teorema di Borel, a trovare la espressione di ogni onda componente in modo più diretto che con il metodo di Carson. Come esempio viene presentato il caso di una linea bloccata fra due condensatori eguali. *Ri.*

N. Baranov — **Verifica sperimentale delle formule dell'induttanza mutua fra due doppini paralleli spiralati di un canale di trasmissione telefonica.** (R.G.E., marzo 1944, pag. 51 a 56, con 9 fig.). **15 b**

L'A. in uno studio precedente (vedi R.G.E., giugno 1943, pag. 181) ha stabilito formule che danno l'espressione teorica della mutua induttanza fra due doppini telefonici paralleli spiralati in un cavo telefonico non caricato, in funzione della lunghezza dei fili dei due doppini, allo scopo di determinare le combinazioni dei passi di torsione per le quali gli effetti di diafonia si riducono al minimo. Per verificare sperimentalmente la attendibilità di queste formule, l'A. ha costruito modelli formati ciascuno da una asticciola di ebanite portante due solchi elicoidali destinati a ricevere un avvolgimento di filo. Si sono rilevate le curve dalla induzione mutua in funzione della lunghezza di parallelismo, spostando un'asticciola rispetto all'altra; dopo ogni spostamento, si faceva subire all'asta fissa una conveniente rotazione per mantenere costante lo sfasamento all'origine. Le dimensioni dei modelli erano scelte in modo da realizzare un rapporto r/a (fra raggio e distanza degli assi) corrispondente allo scartamento nominale di due doppini adiacenti in un cavo. Le curve rilevate sperimentalmente che rappresentano l'andamento dei valori della induttanza mutua in funzione della lunghezza di parallelismo e per diversi valori del passo, risultano costituite in genere dalla sovrapposizione di più sinusoidi o, in condizioni critiche, dalla sovrapposizione di più sinusoidi e di una retta. L'A. riporta molte curve sperimentali sottoponendole ad un esame critico; in una tabella sono messi a confronto i valori sperimentali con quelli calcolati con le formule dell'A. e ne risulta una buona concordanza. In realtà, nei cavi i doppini adiacenti non sono paralleli perchè si deve tenere conto dell'avvolgimento ad elica, nel cavo, dello strato a cui essi appartengono; ma poichè il passo di avvolgimento è sempre superiore a quello di torsione, i doppini adiacenti possono essere considerati come paralleli. Le formule dell'A. non possono venire applicate direttamente ad una lunghezza di fabbricazione di cavo ma restano valevoli per tronchi di breve lunghezza. L'A. dimostra però come si possa praticamente passare alla loro applicazione anche per lunghezze rilevanti di cavo, mediante appositi accorgimenti. A conferma anche di tali procedimenti per il calcolo della induttanza mutua di doppini su lunghi tratti di cavo (valori medi per un insieme di molti circuiti di eguale lunghezza provenienti da una stessa fabbricazione) sono state eseguite altre serie di verifiche sperimentali su un cavo contenente 7 doppini sotto schermo, studiando la variazione dell'induttanza in funzione della lunghezza, in funzione del passo, in funzione della distanza fra i due doppini. Come conclusione risulta che per ottenere risultati concordanti con le misure eseguite su lunghezze di fabbricazione, basta nelle formule dell'A. considerare soltanto i primi termini; in particolare possono essere trascurati i termini nel coseno. *Ri.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA.

A. Gouffé - P. Waguet — **Sulla spettrofotometria delle sorgenti a spettri di raggi o di bande con spettro di fondo continuo.** (R.G.E., febbraio 1944, pag. 33 a 36, con 7 fig.). **19 f**

La determinazione della curva spettrale di una sorgente qualunque si effettua confrontando per ogni lunghezza d'onda questa sorgente con un altro campione di distribuzione spettrale nota. Mentre nel caso di spettro continuo l'interpretazione dei risultati è immediata, nel caso di spettri discontinui la definizione dei domini spettrali utilizzati, nel confronto, per le due sorgenti e la valutazione delle trasmissioni relative dello spettrofotometro in questi due domini sono un po' delicate. Supponiamo di illuminare la fessura dello spettrofotometro con una sorgente a spettro continuo: ogni radiazione monocromatica fornisce una immagine di questa fessura di larghezza l che copre una branda $\Delta\lambda$. Si può supporre in un primo caso che la larghezza della fessura di uscita sia eguale a quella di entrata; si dimostra allora che la fessura di uscita lascia passare radiazioni monocromatiche appartenenti a un dominio spettrale doppio di quello corrispondente alla sua larghezza propria e che la sua trasmissione, posta eguale all'unità per la lunghezza d'onda centrale, diminuisce da una parte e dall'altra fino a zero; il flusso trasmesso si può ritenere eguale al prodotto $B_0\Delta_0$ fra la brillanza monocromatica della sorgente e il valore dell'intervallo coperto per la lunghezza d'onda centrale. Si può invece supporre che la larghezza della fessura di uscita sia superiore a quella di entrata; si dimostra che il flusso totale trasmesso è eguale al prodotto $B_0\Delta_0'$ dove Δ_0' è l'intervallo di lunghezza d'onda coperto dalla larghezza della fessura di uscita. Infine si può supporre che la fessura di uscita sia più piccola di quella di entrata; si ritrova per il flusso totale trasmesso una espressione analoga. Ne segue che la misura è indipendente in ogni caso dalla larghezza della fessura utilizzata, poichè tale misura si fa per confronto con altra sorgente. Nel caso di sorgenti a spettri di bande o di raggi, si consideri anzitutto una banda isolata d'onda media λ_0 e di larghezza $d\lambda_0$ apprezzabile; se l è la larghezza della fessura di entrata dello spettrofotometro si otterrà una immagine di larghezza $l + d\lambda_0$; per valutare $d\lambda_0$ basterà portare i bordi della fessura di uscita in coincidenza con quelli dell'immagine e misurare allora la larghezza l' di detta fessura; si avrà $d\lambda_0 = l' - l$. Il confronto spettrofotometrico si farà con queste due aperture l e l' per le quali il

Biblioteca nazionale centrale di Roma

flusso della banda è trasmesso integralmente dalla fessura di uscita. Il confronto si potrebbe fare anche con aperture eguali delle due fessure, $l = l'$, ma il sistema indicato presenta dei vantaggi. Il metodo indicato non può più applicarsi nel caso di un raggio isolato di larghezza estremamente piccola; in tal caso non si definisce, mediante le misure, la brillanza ma soltanto il flusso emesso dal raggio o da ciascun gruppo di raggi, che ha l'espressione: $F_{0^*} = B_0 d\lambda_0 = \varphi B_0' \Delta_0'$ essendo φ un fattore di proporzionalità. Nel caso di sorgenti che comportano uno spettro di raggi sovrapposto a uno continuo, nelle zone esenti da raggi si opera come per le sorgenti esenti da raggi; nelle zone occupate da raggi si procede come sopra indicato, tenendo larghezze della fessura più piccole possibili in modo che il flusso dovuto ai raggi abbia un valore abbastanza importante rispetto a quello dovuto al fondo continuo. Gli AA. indicano anche come si possano rappresentare graficamente i risultati ottenuti. *Ri.*

MATERIALI.

H. Stäger — **Problemi attuali dei materiali.** (A.S.E. Bull., 12 luglio 1944, pag. 364 a 381, con 51 fig.). **26 a**

L'A. osserva che non tutti i nuovi materiali introdotti durante la guerra si devono considerare come materiali di ripiego destinati a scomparire col tornare delle condizioni normali; in realtà lo studio dei nuovi materiali ha condotto in molti casi a soluzioni nuove intrinsecamente preferibili a quelle tradizionali e perciò destinate a permanere sia per ragioni economiche sia per ragioni tecniche. Nel campo dei metalli il fatto più notevole è stato quello della sostituzione dell'alluminio al rame come conduttore. È essenziale tenere presente che la superficie dell'alluminio si ricopre subito di una pellicola di ossido dello spessore di 0,05 a 0,2 micron circa; l'ossido fonde a 2060 °C mentre il metallo puro fonde a 658 °C. Nei collegamenti a vite la presenza dell'ossido ha una importanza secondaria perchè molto più importante è il fenomeno del cedimento plastico dell'alluminio; bisogna perciò ricorrere a collegamenti di tipo con pressione a molla. Nelle saldature dell'alluminio è necessario allontanare prima lo strato di ossido. Con la saldatura autogena ed elettrica è possibile di eseguire collegamenti fra gli avvolgimenti senza ricorrere a speciali accorgimenti; l'A. riporta esempi di saldature di fasci fino di 24 fili da 1 a 2 mm di diametro. Anche la saldatura a punti dei metalli leggeri ha fatto notevoli progressi; si possono saldare per punti, all'alluminio, altri metalli come il rame o l'argento. Per l'uso dell'alluminio è importante tenere presente il fenomeno della ricristallizzazione che si verifica se, dopo una lavorazione a freddo, il metallo viene poi riscaldato ad alta temperatura; possono manifestarsi forti ingrossamenti della grana con conseguente fragilità; l'inconveniente può essere evitato trattando il metallo con certe precauzioni. Difficoltà si possono presentare nei fili di alluminio laccati perchè certe lacche intaccano il metallo. Nei collegamenti con altri metalli si producono facilmente fenomeni di corrosione che si possono evitare coll'uso di speciali pezzi in alluminio placcato in rame. Un grande impiego trova l'alluminio nei contatori sia come conduttore sia per la costruzione di vari pezzi. Come esempio di applicazione dell'alluminio nella costruzione del grosso macchinario sono citati l'avvolgimento statorico di un alternatore da 20 000 kVA, 9000 V, 1285 A, e un trasformatore da forno da 7500 kVA, 21 700 A per fase, e alcuni interruttori per forti intensità di corrente. Nel campo degli isolanti inorganici viene ricordata la fibra di vetro che si produce con diametri anche di soli 3 micron, in forma continua o di fibre più o meno lunghe. L'isolamento in fibra di vetro si presta specialmente dove intervengono forti temperature; esso permette anche di diminuire le dimensioni del macchinario tollerando temperature più elevate; la fibra di vetro ha una resistenza meccanica superiore a quella di amianto e anche di quella di cotone; assorbe la umidità meno delle fibre di cotone o di amianto; la rigidità dielettrica dipende dalla temperatura e dalla rapidità con cui si fa aumentare la tensione; anche nel campo della radiotecnica le fibre di vetro possono servire opportunamente in molti casi. L'A. passa poi a considerare le fibre di natura organica naturali e artificiali riportando una quantità di dati circa le loro proprietà, accennando all'impiego delle fibre di seta artificiale, ai metodi di impregnazione, alla rigenerazione delle fibre usate, ecc. Altre considerazioni sono esposte circa la rigenerazione degli oli isolanti. Per la rigenerazione della gomma usata sono impiegati due sistemi: un metodo ad alcali e un metodo a vapore; entrambi hanno portato a buoni risultati. Un ultimo gruppo di materiali considerati è quello delle resine sintetiche: di esse vengono illustrate molte proprietà, con l'aiuto di diagrammi grafici; l'A. riporta anche direttive circa lo studio delle forme da dare ai pezzi da costruire con tali materiali pressati e descrive alcuni pezzi di forma particolarmente complicata. *N.*

MECCANICA.

O. Carlstein — **Apparecchio equilibratore per rotori.** (A.S.E. Bull., 26 luglio 1944, pag. 401 a 405, con 13 fig.). **27 d**

Nei giroscopi per aeroplani, nei quali il rotore compie da 10 000 a 40 000 giri al minuto, i supporti dell'asse subiscono un forte logorio che deve essere ridotto con una perfetta equilibratura dei rotori; finora però non si disponeva di apparecchi equilibratori di sufficiente sensibilità. Ad esempio gli ordinari dispositivi usati per equilibrare i rotori dei motori e nei quali le vibrazioni vengono trasmesse meccanicamente a un istrumento di misura non servono perchè non registrano le vibrazioni piccole e rapide. L'A. descrive un dispositivo in uso dal 1941 presso l'aeronautica svedese; esso si fonda sul seguente principio. Il rotore viene montato col suo albero verticale in un telaio il quale a sua volta riposa su un anello che è tenuto da 3 molle piane; esse producono uno smorzamento assai piccolo per le vibrazioni relativamente limitate che si producono; il rotore col telaio possono considerarsi liberamente oscillanti intorno all'asse verticale. Se il rotore non è perfettamente equilibrato quando esso viene messo in rotazione, l'estremità superiore dell'albero descrive un circolo il cui raggio dipende dallo squilibrio del rotore. La parte superiore del telaio è foggiato ad anello entro il quale è posta una armatura girevole che forma condensatore con il telaio; il condensatore viene caricato. In causa delle vibrazioni del rotore varia la capacità del condensatore e quindi anche la tensione fra l'anello e il coperchio. Le variazioni di tensione vengono amplificate e addotte a un tubo a raggi catodici; le deviazioni che si ottengono forniscono una misura dell'importanza dello squilibrio. Per la determinazione della direzione dello squilibrio o della posizione del baricentro si ricorre al seguente artificio. Il rotore viene illuminato da una sorgente luminosa e riflette una parte della luce su una cellula fotoelettrica; una metà del disco ha la superficie lucida e una metà invece è opaca, di modo che ad ogni giro la fotocellula riceve un impulso luminoso; ad ognuno di essi viene generato un impulso di tensione che viene amplificato e addotto allo stesso tubo a raggi catodici. Il condensatore e la fotocellula alimentano le due coppie di placche deviatrici del tubo catodico sullo schermo luminoso del quale si disegna così una curva il cui aspetto è, fra l'altro, dipendente anche dallo sfasamento relativo delle due tensioni applicate; tale aspetto è utilizzato per determinare la direzione dello squilibrio. La tensione della fotocellula è sinusoidale e così anche quella dell'amplificatore; si otterrebbero perciò curve circolari o elettriche che poco si prestano allo scopo. Si fa perciò in modo da modificare la tensione amplificata della fotocellula in modo da ottenere dei guizzi di tensione dalla posizione dei quali rispetto alla sinusoide della tensione del condensatore si può facilmente dedurre lo sfasamento relativo. La tensione della cellula è assunta come fondamentale; quella del condensatore può essere ricondotta in fase con essa manovrando l'armatura mobile su accennata; questa è graduata in gradi e dallo spostamento necessario si può desumere la posizione del baricentro del rotore rispetto al limite fra la zona di superficie opaca e quella lucida. I supporti dei giroscopi per aviazione sono lavorati con grandissima precisione, tuttavia piccoli difetti danno luogo a vibrazioni che alterano la figura che si produce sullo schermo del tubo catodico; bisogna quindi impedire che le tensioni dovute a tali vibrazioni arrivino al tubo catodico. Siccome esse

Biblioteca nazionale centrale di Roma

hanno frequenza diversa da quelle dovute allo squilibrio del rotore, si può ottenere lo scopo mediante un filtro che smorzi le tensioni di frequenza inferiore o superiore a 150 p/s (corrispondente a 9000 giri/min); la velocità di 9000 giri/min si è ritenuta la più adatta per le operazioni di equilibratura perchè a velocità superiori se lo squilibrio è forte si possono danneggiare i supporti. Il filtro elimina anche le conseguenze di vibrazioni estranee dovute ad altre macchine vicine, ecc. Per riconoscere se il rotore ha la velocità di 9000 giri/min si usa un semplice dispositivo stroboscopico. La verifica di un rotore richiede di solito da 5 a 15 minuti. L'apparecchio registra già squilibri di solo 0,5 mgcm e permette la determinazione della direzione con una precisione di circa 5°. *N.*

MISURE.

P. Gürtler — **Tendenze attuali nella tecnologia delle custodie dei contatori.** (A.S.E. Bull., 31 maggio 1944, pag. 297 a 300, con 6 fig.). **28 e**

Negli ultimi decenni si è riusciti a realizzare sensibili progressi nella riduzione di peso dei contatori e nello stesso tempo nella precisione di essi, grazie all'accurato studio dei particolari costruttivi e alla introduzione di nuovi materiali di proprietà pregiate. L'A. presenta questo confronto: un contatore del 1905, ingombro 2,6 dm³, peso 3,6 kg, errore 4 %; un contatore analogo del 1942, ingombro 1,2 dm³, peso 1,0 kg, errore 1 %. Una parte interessante nello sviluppo tecnico dei contatori è presa dalle custodie; il loro compito principale è notoriamente quello di proteggere il contatore dalla polvere, dai danneggiamenti meccanici e dalla manomissione da parte degli utenti. I costruttori hanno però molta libertà di realizzazione. Si trovano tuttora delle custodie con base in ghisa e copertura di vetro specialmente in America o nei Balcani mentre in Inghilterra e Colonie si preferiscono le custodie in materie plastiche compresse, e sul continente si usano custodie in lamiera stampata. Il confronto delle caratteristiche dei vari tipi di custodie si può fare su basi diverse secondo che interessa il costruttore o l'utente di energia o il distributore. Nel caso di custodie in lamiera stampata la piastra posteriore di base è di lamiera di ferro di grosso spessore, mentre le altre parti sono stampate in lamiera di alluminio la quale, stampata a freddo migliora le sue proprietà meccaniche e protegge meglio il contatore. I guasti o deformazioni che possano verificarsi nel montaggio o nel trasporto non sono in generale gravi e possono essere rimediati senza che occorra una custodia nuova; ma in questo vantaggio può nascondersi un pericolo perchè può avvenire che ad una modesta deformazione della custodia corrisponda una alterazione di qualche organo del contatore (supporti, organi di regolazione, ecc.) che rimane ignota e può influire sull'esattezza delle misure. Sotto questo aspetto presentano maggiore sicurezza le custodie in vetro; ve ne sono tipi a scatola cilindrica che vengono fissati sulla piastra di base con un anello a pressione o con fermagli che con facilità possono indurre sollecitazioni e rotture nel vetro; in un altro tipo la custodia in vetro è prismatica e viene fissata con una reggia che la abbraccia alla piastra di base. Il pregio maggiore delle custodie in vetro è quello di permettere la ispezione delle parti attive del contatore senza richiedere alcun smontaggio; inoltre ogni manomissione è resa praticamente impossibile dalla impossibilità di forare la custodia; la relativa facilità di rottura può essere considerata uno svantaggio ma anche un vantaggio perchè costringe il personale a trattare delicatamente il contatore e, nella peggiore ipotesi, serve a rivelare che il contatore è stato sottoposto a impreviste sollecitazioni meccaniche. Le custodie in materiale pressato si sono diffuse lentamente sul continente ad onta dei loro pregi. Si può ottenere una custodia completa con una sola lavorazione alla pressa; le custodie così ottenute sono perfette nelle loro parti e non richiedono alcuna ulteriore lavorazione; la resistenza meccanica è superiore a quella delle custodie in vetro; rispetto alle custodie in lamiera si ha il vantaggio che il materiale pressato è isolante e perciò sono più facilmente realizzate le esigenze di sicurezza; i contatori con custodia in materiale pressato sono meno esposti a guasti per effetto di sovratensioni e quindi si raccomandano specialmente per inserzione sulle reti aeree; non richiedono manutenzione mentre le custodie in lamiera devono essere periodicamente pulite o cambiate o verniciate, specialmente se sono in locali umidi o atti a produrre corrosioni. *N.*

MOTORI PRIMI.

G. Schaper. — **Andamento della temperatura, turbolenza dei gas e trasmissione di calore nei focolari a polverino di grandi caldaie a radiazione.** (Wärme, marzo 1944, pag. 55 a 68, con 16 fig.). **30 d**

L'A. riferisce su accurati rilievi sperimentali eseguiti su due grandi caldaie a polverino di lignite, in diverse condizioni di funzionamento. La prima caldaia era proporzionata per 80 000 kg/h di vapore a 118 kg/cm², 505 °C, con 430 m² di superficie riscaldata e alimentata con acqua a 195 °C; bruciava 27 600 kg/h di lignite da 2092 cal/kg, con un focolare di 325 m²; rendimento 0,80. Il focolare era completamente rivestito di tubi d'acqua; ad esso seguivano il surriscaldatore, l'economizzatore e il preriscaldatore d'aria, rispettivamente con superfici complessive di 560 m², di 970 m² e di 2240 m². Vennero effettuate misure di temperatura in 11 piani orizzontali successivi di cui 4 entro il focolare propriamente detto, due nello spazio fra il focolare e il surriscaldatore, 4 nel surriscaldatore, e uno nell'economizzatore; ogni piano comprendeva molti punti di misura. Si poteva così ricostruire con buona approssimazione l'andamento delle curve isotermiche entro il focolare e la caldaia, sia su sezioni verticali sia su sezioni orizzontali e ricostruirne così il vero andamento complessivo nello spazio; complessivamente si avevano nel solo focolare 154 punti di misura. I 4 piani di misura nel focolare venivano a individuare 5 zone sovrapposte nelle quali potevano considerarsi divisi i tubi verticali del rivestimento d'acqua delle pareti in modo che anche il comportamento di essi, nei riguardi degli scambi di calore, poteva essere seguito da vicino. L'A. riporta gli schemi delle posizioni nei punti di misura e riferisce largamente sui risultati mediante la riproduzione di una quantità di curve e di diagrammi che illustrano l'andamento della temperatura entro il focolare e anche l'andamento del contenuto di CO_2 nei fumi e quindi l'andamento dello svolgersi della combustione. Si sono riscontrate differenze di temperatura notevoli procedendo dall'asse centrale della camera di combustione verso le pareti, differenze che arrivano, in un medesimo piano orizzontale, a 200 °C e più. L'A. espone in proposito ampie considerazioni di ordine termotecnico. È messa anche in evidenza la efficacia di una griglia di mescolamento introdotta nella zona di più attiva combustione del focolare per promuovere il miscuglio e accelerare la combustione stessa; tale griglia è formata da tubi d'acqua che attraversano il focolare, incrociandosi, in un piano orizzontale: sono riportati dati in merito. In base ai rilievi sperimentali delle temperature, e alle misure di produzione di vapore e alla teoria della trasmissione del calore per radiazione dà parte delle fiamme e per convezione, viene determinata la prestazione delle varie superfici riscaldate che compongono la caldaia. I risultati sono raccolti in una tabella: ne risulta confermata la grande efficacia delle superfici esposte direttamente alla radiazione: nel caso particolare i tubi d'acqua del focolare risultavano avere un carico unitario di 52 600 cal/m² h, riferito all'intera superficie esterna dei tubi stessi ($\pi d l$); la superficie radiata costituita dai tubi delle pareti d'acqua del focolare assorbiva da sola il 39 % del calore totale sviluppato dal combustibile; il surriscaldatore, a convezione ne assorbiva il 22,6 %; l'economizzatore, composto di più tensioni, complessivamente il 20 % circa. La trasmissione di calore complessivamente alle pareti d'acqua corrispondeva ad una trasmissione per sola radiazione da parte della fiamma con coefficiente di radiazione di 4,4 cal/m² °K⁴ h. La seconda caldaia, alimentata a polverino di lignite da 1790 cal/kg, aveva una superficie riscaldata di 520 m², una produzione di 105 000 kg/h di vapore a 92 kg/cm², 500 °C, con focolare di 475 m³ e bruciava 46 000 kg/h di lignite; era alimentata con acqua a 142 °C. Al focolare con parete d'acqua seguiva una superficie a convezione di 46 m², il surriscaldatore da 660 m², l'economizzatore da 1730 m² e un preriscaldatore d'aria a tubi ad alette da 870 m e un altro preriscaldatore tipo Ljungstrom da 9960 m². Anche

Biblioteca nazionale centrale di Roma

per questa caldaia sono riportati in dettaglio i dati circa le posizioni dei punti di misura della temperatura e del contenuto di CO_2 nonchè l'andamento delle rispettive curve le quali non differiscono sostanzialmente da quelle ottenute sulla prima caldaia. Anche qui è risultata la forte prestazione della superficie radiata nel focolare, con un carico di 61 000 cal/m² h e un assorbimento del 38 % del calore totale sviluppato dal combustibile; un altro 2,6 % spettava alla superficie a convezione, il 18,6 % al surriscaldatore, il 21,3 % all'economizzatore. Il coefficiente equivalente di radiazione corrispondente alla trasmissione totale di calore nel focolare a parete d'acqua è risultato di 4,6 cal/m² °K⁴ h. In entrambe le caldaie l'aria secondaria era introdotta in due zone rispettivamente con temperatura di 200 °C e di 450 °C. *N.*

RADIOTECNICA.

P. P. Di Roberto. — **Alcuni orientamenti costruttivi e di impianto dei radioricevitori.** (C.G.E., dicembre 1945, pag. 8 a 16, con 4 fig.). **34 d**

Una disposizione ben ponderata delle parti elementari di un radioricevitore equivale ad una filatura già per metà bene eseguita; a questo riguardo bisogna avere riguardo sia agli effetti immediati sia a quelli mediati e perciò evitare che i singoli conduttori, oltrechè disturbarsi nel loro funzionamento normale, abbiano a danneggiarsi in seguito ad avaria di uno di essi, e inoltre rendere possibile eseguire qualunque riparazione senza ledere le altre parti. Bisogna considerare tre categorie di conduttori: conduttori a tensione tale che possano disturbare gli altri (es. il conduttore anodico del tubo finale); conduttori di alta resistenza ohmica chiusi su alte impedenze; conduttori chiusi su basse impedenze. Distribuite sul telaio le varie parti del ricevitore e preveduta una prima disposizione dei collegamenti, si completa la filatura con lo studio della schermatura dei conduttori che possono disturbare o essere disturbati. Il collegamento a massa degli schermi deve essere realizzato con la massima cura per ottenere schermature veramente efficaci e evitare scariche, ecc. al contatto di due schermi. Con cura particolare deve essere eseguito il fissaggio degli estremi delle calze schermanti sui conduttori isolati che esse avviluppano. Per i collegamenti a massa va sempre tenuto presente che essi devono essere sempre della minima resistenza ohmica e della minima induttanza e particolarmente nei collegamenti a massa dei condensatori di fuga. Di una delicatezza tutta particolare è il collegamento a massa dei condensatori variabili multipli dei circuiti oscillatori. In apparecchi molto critici è talvolta necessario isolare dalle incastellature le masse dei vari stadi, riunirle tra di loro con conduttori isolati contro massa, indi collegare questo conduttore comune alla presa di terra a cui và collegata la incastellatura. La ricezione anomala consiste nel ricevere una data emittente su un punto della scala al quale non corrisponde la frequenza della emissione che si riceve. La ricezione anomala può essere dovuta ad una delle seguenti cause: battimento dell'onda portante con una armonica dell'oscillatore locale, una delle frequenze risultanti coincidendo con una armonica della frequenza intermedia; battimento di una armonica dell'onda portante con la frequenza fondamentale dell'oscillatore locale, una delle frequenze risultanti coincidendo con una armonica della frequenza intermedia; battimento di una armonica dell'onda portante con una armonica dell'oscillatore locale, una delle frequenze risultanti coincidendo con la fondamentale a frequenza intermedia o con una sua armonica. Per evitare tali fenomeni bisogna tenere presenti alcune norme costruttive che l'A. enumera e illustra. Fra i diversi effetti microfonici sono specialmente gravi quelli dovuti ad una persistente reazione acustica tra il diffusore ed organi particolarmente sensibili del ricevitore; l'A. espone le diverse cause che possono dare luogo a tali effetti e nota come, data la grandissima complessità del problema, non sia possibile dare regole ben definite; vengono però elencate alcune direttive di ordine generale che possono giovare. L'A. accenna poi agli effetti che possono derivare dal tormento meccanico dovuto al trasporto degli apparecchi ricevitori. Infine sono analizzate le cause dell'invecchiamento che possono essere meccaniche, termiche, igroscopiche e chimiche. Infine l'A. espone alcune note circa l'impianto dei radioricevitori. Disturbi possono derivare dalla rete stradale di distribuzione. Effetti dannosi si possono avere quando, essendosi interrotti i fili dell'antenna, essi vengano riallacciati senza saldatura o senza morsetti adatti. Le prese di terra devono essere sempre effettuate nell'interno degli edifici, per evitare le conseguenze delle vicende metereologiche. Accennato alla questione dei disturbi, si accenna alla protezione con schermatura, riportando alcuni schemi in proposito. *Ri.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE.

H. C. Buchwald. — **Impianti di telefoni di servizio secondo il sistema W. L. B.** (A.E.G. Mitt., gennaio-giugno 1944, pag. 1 a 13, con 24 fig.). **38 a**

Questi telefoni di servizio sono impianti ad alto-parlanti. Il sistema di telefoni W L sono in sostanza dei telefoni a tasti nei quali gli apparecchi si collegano abbassando una levetta o premendo un tasto; invece del microfono viene installato, nei casi che qui si considerano, un alto-parlante che può funzionare anche come microfono. Il sistema risponde a tutte le esigenze moderne: il collegamento viene effettuato senza alcun ritardo; prima di fare la chiamata è possibile riconoscere se l'altro apparecchio è libero o occupato; è escluso ogni pericolo di intercettazione delle comunicazioni. Il collegamento è sempre effettuato su un doppino; gli apparecchi possono essere collegati su cavi telefonici o linee aree. Non sono necessarie batterie: ogni apparecchio è inserito sulla rete di distribuzione di energia a 110 od a 220 V a frequenza industriale. Gli apparecchi possono venire collegati anche con ordinari apparecchi telefonici e, con speciali dispositivi, anche a un magnetofono A.E.G. Questi apparecchi possono servire altoparlanti di grande capacità di diffusione. Bisogna distinguere fra il caso in cui ogni apparecchio corrisponde con un solo altoparlante e i casi in cui si vuol far funzionare più altoparlanti su piazzali, in sale di lavoro, ecc. In quest'ultimo caso sono necessarie installazioni di appositi amplificatori. L'apparecchiatura viene costruita in 7 tipi diversi, per installazioni interne fino a 20 collegamenti possibili e per installazioni all'aperto con 5 a 10 collegamenti. Su ogni apparecchio vi sono tanti tasti quanti sono i collegamenti possibili, e una lampada rossa e una verde per indicare ogni apparecchio libero od occupato; con appositi tasti di gruppo si possono di solito chiamare 5 corrispondenti contemporaneamente, o anche due o più gruppi di cinque corrispondenti. I relè e le altre apparecchiature necessarie sono predisposti montati su sbarre da installare entro cassette a muro. L'apparecchiatura per installazione all'aperto è montata in cassette di lega leggera; per il collegamento con i cavi telefonici è prevista una apposita testa di collegamento per un numero massimo di 60 doppini; l'A. riporta qualche schema in proposito. Come altoparlanti si possono usare tipi comuni di cui l'A. illustra alcuni modelli adatti per installazione all'aperto, su pali o mensole Per il loro servizio si usano amplificatori da 20 a 70 W di uscita. Per ogni collegamento possibile occorre un doppino che serve sia per l'azionamento dei relè, sia per la conversazione sia per l'indicazione di libero ed occupato. L'A. descrive le varie operazioni che gli utenti devono compiere per chiedere una comunicazione, per effettuare i vari collegamenti, segnalare una chiamata urgente a un corrispondente occupato, ecc. Riporta poi lo schema fondamentale dei circuiti di due apparecchi collegati e illustra il funzionamento dei vari organi in corrispondenza delle manovre eseguite dagli utenti. Espone poi come si procede allo studio di progetto di un impianto del genere. Bisogna anzitutto predisporre un piano esatto dei collegamenti che si vogliono poter realizzare; su tale piano si segnano le località, il percorso delle linee e dei cavi, la installazione degli apparecchi, degli altoparlanti, degli amplificatori. Se ne deducono il numero delle apparecchiature ausiliarie, dei doppini telefonici, la lunghezza di essi, ecc. È importante segnare sul piano anche i previdibili futuri ampliamenti onde poter fin dall'inizio predisporre la parte di immediata costruzione in modo che l'ampliamento possa poi essere effettuato senza difficoltà e col minimo impiego di apparecchiature e di linee. I conduttori per i collegamenti telefonici possono essere montati in un cavo in cui

Biblioteca nazionale centrale di Roma

si trovino anche altri conduttori telefonici; i cavi per gli altoparlanti devono invece essere distinti. Se si vogliono evitare disturbi i cavi di collegamento ai microfoni devono essere accuratamente schermati; un cavo microfonico non deve essere mai più lungo di 250 m. Per le comunicazioni all'aperto gli altoparlanti non devono distare fra loro più di 80 m nella direzione di emissione e non più di 30 m in direzione laterale. In ogni punto dove si devono installare altoparlanti o amplificatori deve essere disponibile corrente alternata a frequenza industriale a 110 od a 220 V: bisogna tenere presente tale fatto nel piano di progetto per non dovere poi affrontare spese talora notevoli per addurre la corrente alternata. *N.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE.

H. Colberg — **La messa in progetto di installazioni di telecomunicazioni in nuove costruzioni.** (Journal Télécomunications, novembre-dicembre 1944, pag. 157 a 168, con 12 fig.). **40 f**

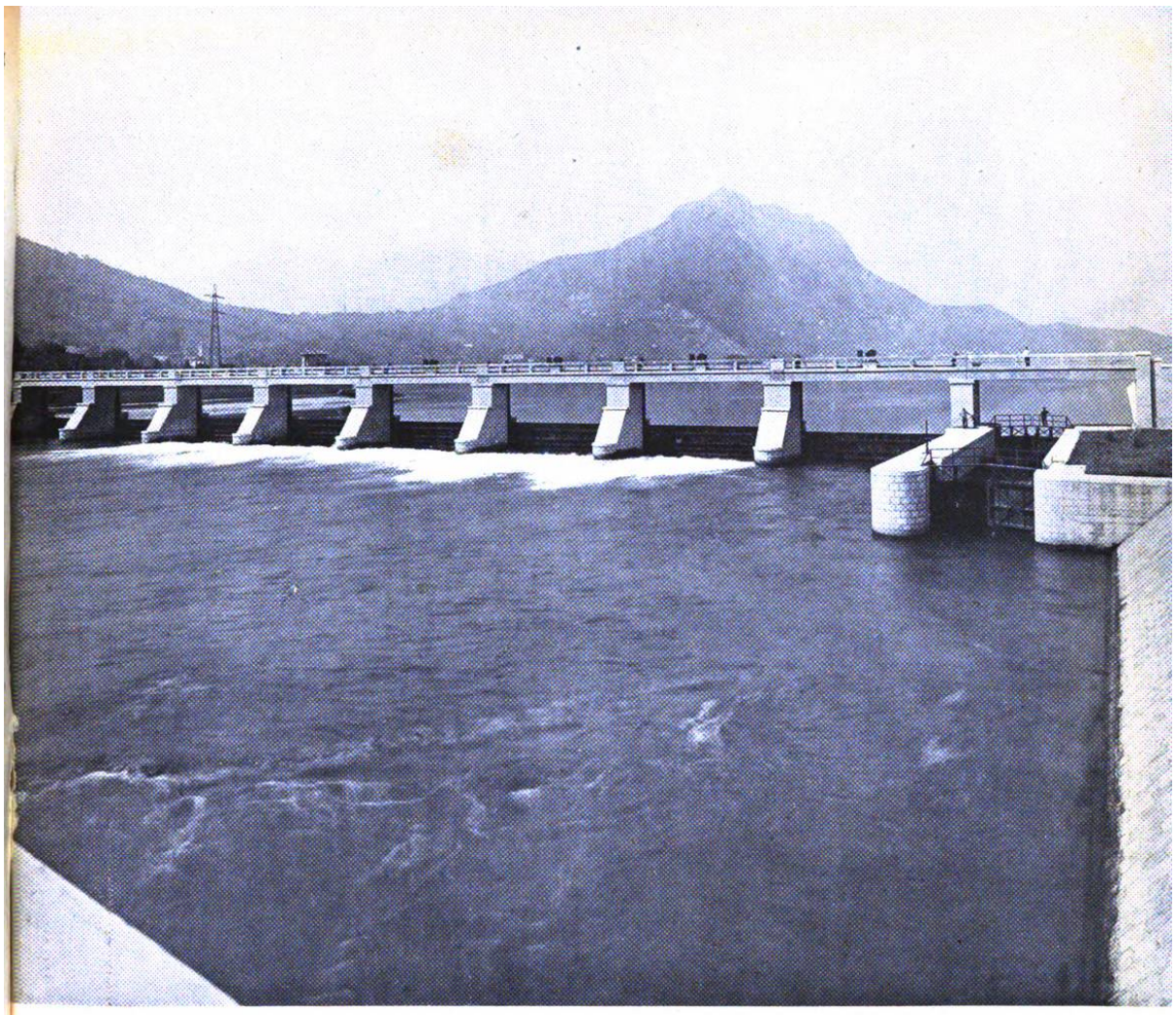
È opportuno nelle nuove costruzioni civili che il progetto degli impianti di telecomunicazioni, ormai indispensabili nelle costruzioni moderne, venga effettuato tempestivamente senza dover poi ricorrere a ripieghi e adattamenti. Nel caso di abitazioni private bisogna prevedere non soltanto l'impianto di telefoni ma anche degli impianti di campanelli, delle segnalazioni luminose, degli orologi elettrici e anche, in certi casi, di avvisatori automatici di incendio, di avvisatori della polizia, di dispositivi di protezione e di altoparlanti detti portieri elettrici. È opportuno prevedere sotto intonaco una conduttura per il telefono dal punto di introduzione della linea fino a ciascuno dei locali, con prese a spina. È bene anche prevedere gli impianti per le radioricevizioni, in particolare l'introduzione dell'antenna e del conduttore di terra nonchè le prese di contatto nelle varie camere per l'impiego di altoparlanti. Nelle case di affitto bisognerà prevedere le colonne montanti per il telefono dal pianterreno all'ultimo piano, installando a ciascun piano cassette di distribuzione e una introduzione nei singoli appartamenti; sono pure da prevedere le installazioni per aprire le porte a distanza, i raccordi per gli orologi elettrici e, in certi casi, le connessioni per gli altoparlanti con microfono e bottone elettrico quando, essendo la casa circondata da giardino, gli inquilini vogliano parlare all'ingresso. Negli edifici destinati ad uso di commercio gli impianti elettrici divengono assai più numerosi. Bisogna posare preventivamente i cavi per i telescriventi e bisogna perciò conoscere bene la destinazione dei vari locali; bisogna prevedere la posizione più adatta per il centralino telefonico e posare a tempo i cavi per i collegamenti tenendo presenti le esigenze di un eventuale ampliamento. Il locale destinato agli accumulatori deve rispondere alle norme particolari e essere disposto possibilmente in vicinanza del centralino telefonico e del locale dei selettori. Accanto al locale accumulatori deve essere sistemato l'impianto per la ricarica degli stessi. Quando siano previste grandi installazioni di telefoni interni, segnalazioni incendi, selettori di controllo, ecc., è raccomandabile di raggruppare i rispettivi centralini in un solo posto; i quadri devono essere montati lontani dalle pareti per essere ispezionabili anche dietro. L'A. illustra alcuni esempi di disegni di progetto di impianti elettrici in edifici. Negli ospedali, oltre ai servizi già ricordati di carattere generale, si possono installare igrometri di controllo, impianti di analisi di fumi, comandi delle valvole degli apparecchi di riscaldamento ad aria calda e di ventilazione. In generale i provvedimenti per la posa delle linee e per la messa in opera degli apparecchi devono essere decisi già durante la costruzione del rustico dell'edificio; bisogna prevedere largamente i cavi da installare, magari con conduttori di riserva, per non trovarsi più tardi in imbarazzo per ulteriori richieste non previste. L'A. non sa dare direttive precise circa il tipo di installazione da preferire, se sotto intonaco o allo scoperto. Le colonne montanti troveranno posto opportunamente nei vani delle scale; conviene installare su un lato le linee a alta tensione su un altro quelle di comunicazione; le colonne montanti devono mettere capo a ripartitori installati nei singoli piani. Particolari avvertimenti sono esposti per le costruzioni in cemento armato. Molte notizie di dettaglio sono fornite per gli impianti telefonici, degli avvisatori di incendio e di segnali luminosi. In particolare è considerata la questione delle installazioni di telecomunicazioni per la protezione antiaerea. *Ri.*

TRAZIONE E PROPULSIONE.

M. Blondet — **La predeterminazione della velocità di slittamento dei motori di trazione.** (R.G.E., maggio 1944, pag. 91 a 97, con 11 fig.). **41 e**

L'A. ha studiato in dettaglio le velocità massime a cui un motore di trazione può trovarsi soggetto. Escludendo casi eccezionali di rottura di freni in discesa, ecc., un motore può trovarsi esposto a velocità esagerate soltanto quando si verifica lo slittamento delle ruote degli assi motori. Assumendo un coefficiente di attrito di strisciamento di circa 6,5 % fra cerchioni e rotaie, e un coefficiente di aderenza di 20 %, l'A. determina la velocità di slittamento in circa 1,6 volte quella unioraria, nel caso di un unico motore di trazione. Nel caso di più motori accoppiati in serie, ciascuno comandante un asse motore e senza collegamento meccanico fra i motori o fra gli assi, si dimostra che la massima velocità si verifica quando un solo motore slitta e in tal caso la sua velocità V_p è data da $V_p = nV' - (n-1)V_0$ essendo V' la velocità corrispondente alla corrente I' durante lo slittamento, V_0 la velocità prima dello slittamento, n il numero dei motori in serie. La tensione P_p ai morsetti di un motore che slitta può essere assai più grande di quella normale e precisamente essa è data da $U_p = (V_p V')(U/n)$ dove U è la tensione di alimentazione del veicolo. L'A. analizza la influenza dei diversi parametri sulla velocità di slittamento, nella ipotesi che un solo motore della serie slitti. In tale ipotesi ricerca per ciascun parametro le condizioni per cui esso tende a rendere massima la velocità di slittamento; sono a tale scopo considerati i seguenti parametri: velocità iniziale; tensione di alimentazione; accoppiamento; tensione nominale dei motori; shuntaggio; shuntaggio squilibrato; presenza di una resistenza in serie; presenza di scariche statiche; scarti fra le caratteristiche dei motori. Dall'esame svolto si deduce che la ricerca dei massimi della velocità di slittamento V_p e della tensione ai morsetti del motore U_p deve farsi nelle seguenti condizioni: partendo dai valori massimi possibili iniziali, prima dello slittamento, per la corrente, lo sforzo di trazione per ogni motore e per il coefficiente di aderenza, o, ciò che è lo stesso, partendo dal valore minimo possibile della velocità iniziale prima dello slittamento; ammettendo la massima tensione in linea; considerando l'accoppiamento più rapido; supponendo che si funzioni col grado massimo di shuntaggio. Nel caso che vi siano più di 2 motori bisogna verificare che V_p non presenti un massimo in corrispondenza di un grado intermedio di shuntaggio e che la introduzione di una resistenza in serie non aumenti V_p; infine bisogna studiare gli effetti di uno shuntaggio squilibrato e delle scariche statiche. Se i valori massimi di V_p e di U_p presentano un pericolo per la resistenza meccanica o per la commutazione dei motori, si potrà provvedere a installare un dispositivo di protezione a forza centrifuga contro la velocità di fuga dei motori o disporre relè di squilibrio di tensione fra i diversi motori di ogni gruppo. Tali protezioni comportano però sempre degli inconvenienti; perciò l'A. ritiene meglio progettare i motori in modo che siano capaci di sopportare per breve tempo velocità eguali al valore massimo di V_p. Se ciò riesce impossibile converrà rinunciare allo schema previsto, adottare un minor numero di motori oppure prevedere, fra i motori o fra gli assi da essi comandati, collegamenti a ingranaggi o con bielle che impongano all'insieme una velocità di rotazione comune. Infine l'A. estende i risultati del suo studio anche al caso in cui esistano collegamenti fra i motori o gli assi motori; considera in particolare tipi di locomotive elettriche francesi rispettivamente a 4 motori doppi, a 3 motori doppi, e una locomotiva a 6 indotti a semitensione che possono essere variamente accoppiati. Nota infine come i progressi recenti circa l'aumento di potenza per tonnellata di peso di locomotiva a velocità massima, tendano a rendere sempre [illegible] i pericoli dello slittamento. *Ri.*

Biblioteca nazionale centrale di Roma



SBARRAMENTO PER LA REGOLAZIONE DEL LAGO DI COMO

con fondazioni pneumatiche

Volume invasato 250 milioni di mc.

SOC. AN. G. TORNO & C. MILANO

Via Alberto da Giussano, 14 - Tel. 490-523, 490-527

Biblioteca nazionale centrale di Roma

Apparecchiatura elettrica A. T. fino a 25 kV.
Isolatori per alta e bassa tensione.
Morsetteria per linee A. T. trazione cabine.
Cassette, morsetterie, muffole, terminali, ecc.
Conduttori elettrici isolati in rame ed alluminio.
Conduttori elettrici nudi in rame ed alluminio.
Apparecchiatura elettrica bassa tensione.
Strumenti di misura.
Motori, trasformatori, teleruttori.
Aerotermi, ventilatori.

CEPELL S.R.L.

Commercio Elettrico Piemontese e Ligure-Lombardo

MILANO

VIA SCHIAPARELLI, 3 - TELEF. N. 691-797 - 690-310

FILIALI E DEPOSITI

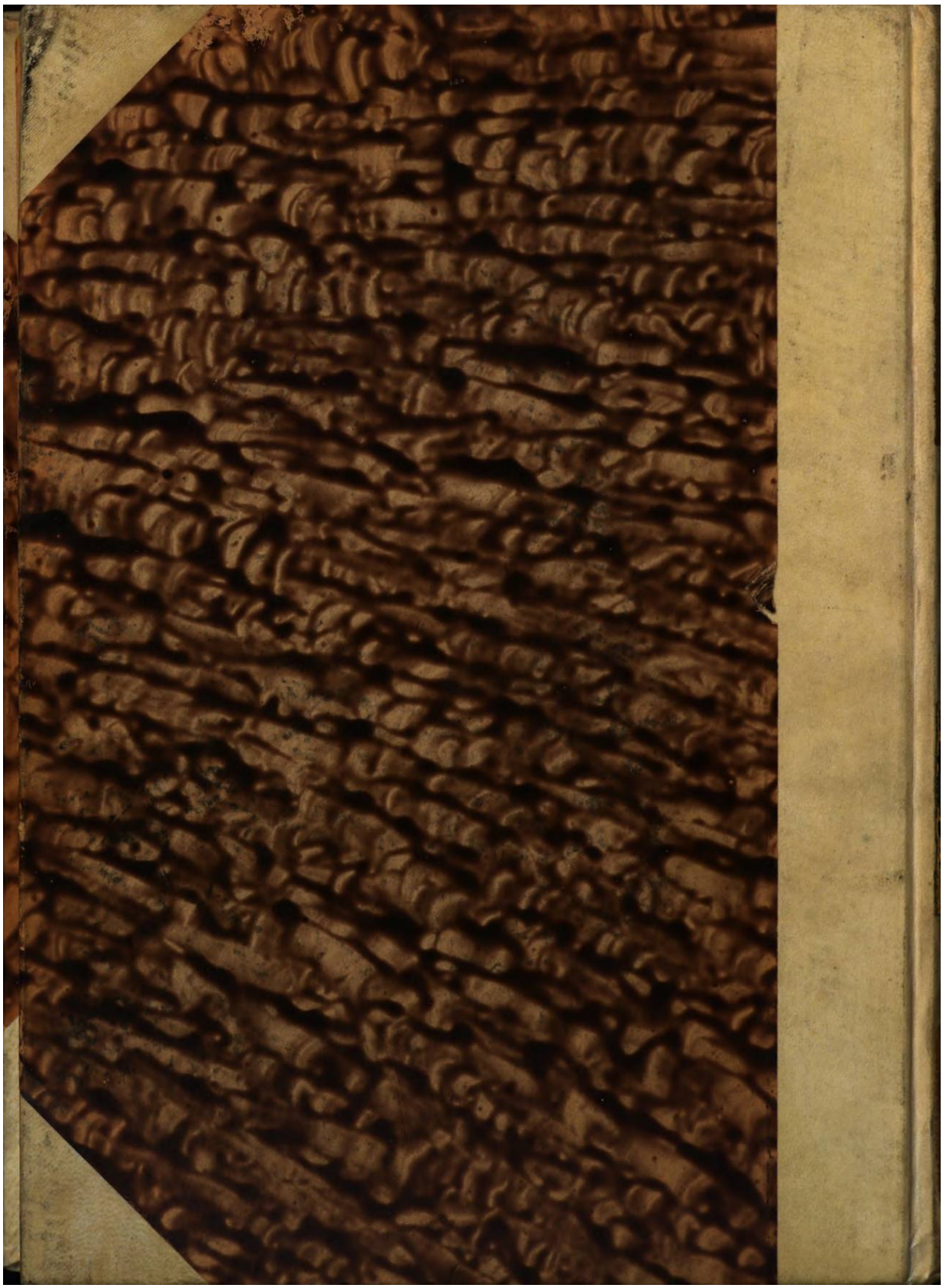
TORINO - Corso Duca degli Abruzzi, 4 - Tel. 42717 - Magazzino: Via Belfiore, 68 - Tel. 62524
BRESCIA - Contrada del Cavalletto, 26 - Tel. 2898 — **COMO** - Via Volta, 46 - Tel. 3939
GENOVA - Via Fiora, 8 - Tel. 32411 — **NOVARA** - Via Meiller, 2 - Tel. 2508
PADOVA - Via Ugo Foscolo, 17 - Tel. 2431

RAPPRESENTANZE REGIONALI

Industrie Grafiche Italiane Stucchi - Via Marcona, 50 - Milano

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma

Biblioteca
nazionale
centrale
di Roma